

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –  
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**  
**Hornicko-geologická fakulta**  
Institut environmentálního inženýrství

**MÍSENÍ DŮLNÍCH VOD  
SE STOJATÝMI POVRCHOVÝMI  
VODAMI  
VE VYBRANÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍCH**

diplomová práce

**Autor:**

**Bc. Jolana Maluchová**

**Vedoucí diplomové práce:**

**RNDr. Jana Nováková, Ph.D.**

**Ostrava 2014**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

**pro:** Bc. Jolanu MALUCHOVOU

**studijní program:** N2 102 Nerostné suroviny

**obor:** 3904 T005 Environmentální inženýrství

**forma studia:** kombinovaná

### Název tématu:

Mísení důlních vod se stojatými povrchovými vodami ve vybraných vodních nádržích.

Mine Water Mixing with Stagnant Surface Water in the Selected Water Reservoirs.

### Zadání pro vypracování:

1. Úvod a cíl práce.
  2. Teoretická část – důlní vody v OKR a jejich hydrochemická charakteristika, zdroje důlních vod a nakládání s nimi dle platné legislativy, popis zájmových vodních nádrží.
  3. Praktická část – metodika odběru vzorků a jejich analýz v terénu a v laboratoři, možnosti měření koncentrace chloridů a RAS ve vodě, jejich detekce v Dávkovací nádrži Heřmanice a poklesové zátopě Doubrava-Kozinec metodou měření elektrické konduktivity, měření teploty vody v terénu.
  4. Závěr – homogenizace vody v nádržích povrchových vod po smísení s důlními vodami, vertikální stratifikace koncentrací RAS, chloridů a teploty, vliv na ichtyofaunu. Srovnání mísení důlních vod v recipientech (tekoucí a stojaté vody).
  5. Použitá literatura
- [1] BENEŠ, J., DUBOVÁ, Š., STŘÁLKA, I., MALUCHA, P., STUCHLÍKOVÁ, R., KNÁPEK, M. (2005). Důl ČSA: Doubrava – Kozinec, posouzení vlivu hornické činnosti do roku 2017, 4. etapa – sanace vlivů důlní činnosti na řeku Olši (řkm 16,800-20,000) a Karvinský potok (řkm 0,000-5,575) – studie. Ostrava. Technoprojekt, a.s. MS.
  - [2] HOTÁREK, V., LUGER, J. (1980-2013). Výsledky provozního monitoringu vody na Dávkovací nádrži Heřmanice podle provozně-manipulačního řádu. Interní materiál Green Gas DPB, a.s. Paskov. Green Gas DPB, a.s. MS.
  - [3] MALUCHA, P., HOTÁREK, V. (2006-2013). Důl ČSA: Doubrava – Kozinec: vyhodnocení monitoringu. Roční zpráva. Paskov. Green Gas DPB, a.s. MS.
  - [4] MALUCHA, P. (2011). Dávkovací nádrž Heřmanice – možnost zvýšení přítoků důlních vod – 1. část. Interní materiál pro vedení Green Gas DPB, a.s. Paskov. Green Gas DPB, a.s. MS.
  - [5] MALUCHA, P. (2012). Dávkovací nádrž Heřmanice – možnost zvýšení přítoků důlních vod – 2. část. Interní materiál pro vedení Green Gas DPB, a.s. Paskov. Green Gas DPB, a.s. MS.
  - [6] MALUCHOVÁ, J. (2009). Dávkovací nádrž Heřmanice: ovlivnění kvality vod. Ročníková práce pro předmět Úvod do ochrany životního prostředí. VŠB-TU Ostrava.
  - [7] MALUCHOVÁ, J. (2011). Mísení důlních vod s povrchovými vodami ve vybraných recipientech – bakalářská práce, VŠB-TU Ostrava.
  - [8] PITTER, P. (2009). Hydrochemie. 4th ed. Praha: VŠCHT Praha, ISBN 978-80-7080-701-9.
  - [9] ROGOŹ, M. (2004). Hydrogeologia kopalniana z podstawami hydrogeologii ogólnej. Wydawnictwo Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach. Katowice, Poland. ISBN 80-7342-016-3.
  - [10] YOUNGER, P.L., BANWART, S.A., HEDIN, R.S. (2002). Mine Water: hydrology, pollution, remediation. Dordrecht, Netherlands. Kluwer Academic, ISBN 1-4020-0137-1.

## ***Prohlášení***

- *Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.*
- *Byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.*
- *Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).*
- *Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.*
- *Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>*
- *Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.*
- *Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).*

*V Ostravě dne*

.....  
*Bc. Jolana Maluchová*

## ***Poděkování***

*Na tomto místě chci poděkovat vedoucí mé diplomové práce RNDr. Janě Novákové, Ph.D. za cenné rady při volbě tématu a metodické vedení.*

*Rovněž děkuji svému zaměstnavateli – společnosti Green Gas DPB, a.s., že mi během mého studia vyšel vstříc a podpořil mě jak poskytnutím studijního volna, tak i informačním zázemím.*

*Dále děkuji pánům Zdeňku Poláškově a Jaroslavu Lugerovi za konzultace v oblasti vlivu zvýšené salinity vody na ryby a obojživelníky.*

*Ráda bych poděkovala i svému manželovi Ing. Pavlu Maluchovi, který se zhostil role konzultanta a rovněž mi pomohl s fyzicky náročnou terénní etapou práce, se zpracováním grafických příloh a se základní strukturou vyhodnocení výsledků, zejména se statistickým vyhodnocením.*

## **Anotace**

Práce se zabývá mísením důlních vod se stojatými povrchovými vodami recipientů, do kterých jsou důlní vody vypouštěny řízeně nebo neřízeně. Důlní vody OKR se vyznačují vysokým obsahem chloridu sodného a tedy i dobrou elektrickou vodivostí. Tato vlastnost je experimentálně využita pro detekci důlních vod v povrchových vodách - je navrženo měření elektrické vodivosti povrchových vod přímo v recipientu konduktometrem. Vliv důlních vod při jejich mísení s vodou povrchovou je sledováno měřením elektrické vodivosti v Dávkovací nádrži v Heřmanicích a v poklesové zátopě v Doubravě u Orlové, místní část Kozinec, kde dochází k v prvním případě k řízenému vypouštění a ve druhém případě k neřízenému průsaku důlních vod do vod povrchových. Jsou provedena 4 detailní měření, doplněná o několik srovnávacích bodových měření v delším časovém úseku. Výsledkem je zjištění, jakým způsobem dochází k homogenizaci povrchové vody po smísení s důlní vodou, na jakou úroveň klesá celková mineralizace směsi; součástí závěrů je i úvaha, zda dochází k negativním vlivům na rybí populaci.

**Klíčová slova:** důlní voda, OKR, ředění, homogenizace, chloridy, elektrická konduktivita, Dávkovací nádrž Heřmanice, poklesová zátopa Doubrava - Kozinec, hydrologie.

## **Summary**

This thesis deals with the problem of mine water mixing with surface water of receiving still waters, into which the mine water is discharged in controlled or uncontrolled regime. The mine water is characteristic by its high content of sodium chloride and thus it has a good electrical conductivity. This property is experimentally used to detect the mine water in surface water. For this purpose it is suggested to measure the electrical conductivity of surface water directly in the receiving river by conductometer. The influence of mine water and the homogenization of surface waters have been studied in "Main water discharge reservoir" in Ostrava-Heřmanice and flooded terrain-subsidence in Kozinec (part of the Doubrava u Orlové village), where the mine water is discharged (in the first case for controlled release and in the second case uncontrolled seepage of mine water into surface water). There are 4 in time different sets of measurement of electrical conductivity completed, accompanied by several comparative point measurements over a longer period of time. The result is: how is homogenized surface water after mixing with mine water, at what level, the overall mineralization of the mixture; conclusions are also part of the reasoning that leads to negative effects on the fish population.

**Keywords:** mine water, OKR, attenuation, homogenization, chlorides, electrical conductivity, main water discharge reservoir in the Hermanice area, flooded subsidence terrain-depression in the Doubrava - Kozinec area, hydrology.

## Obsah

1.	Úvod, cíl práce .....	1
2.	Nakládání s důlními vodami v OKR .....	2
3.	Vymezení zájmového území .....	4
3.1.	Charakteristika zájmových vodních nádrží .....	5
3.1.1.	Dávkovací nádrž Heřmanice .....	5
3.1.2.	Poklesová zátoka Kozinec .....	10
3.2.	Hydrologie, charakteristika hlavních vodních toků .....	18
4.	Charakteristika důlních vod OKR .....	21
4.1.	Zdroje důlních vod .....	21
4.2.	Voda Vrbické stružky tekoucí přes DNH do Odry, Korunka .....	22
4.3.	Voda Karvinského potoka tekoucí přes Kozinec do Olše .....	25
5.	Vlastnosti chloridů, jejich rizikovost .....	26
6.	Legislativa využitá pro řešenou problematiku .....	29
7.	Možnosti měření koncentrace chloridů .....	31
7.1.	Přímé měření .....	31
7.2.	Nepřímé měření .....	32
8.	Volba techniky a metod použitých pro měření a zpracování dat .....	34
8.1.	Konduktometr .....	34
8.2.	Přístroj GPS .....	35
8.3.	Ponorné vzorkovací čerpadlo Gigant .....	35
8.4.	Elektrokontaktní hladinoměr G-10 .....	36
8.5.	SOP pro laboratorní stanovení chloridů a konduktivity .....	36
8.6.	Popis použitého SW .....	37
9.	Popis terénního měření .....	37
9.1.	Klimatické poměry v době provádění terénních prací .....	37
9.2.	DNH .....	39
9.2.1.	Měření v květnu 2011 .....	39
9.2.2.	Měření v říjnu 2013 .....	40
9.3.	Poklesová zátoka Kozinec .....	41

9.3.1.	Měření v září 2013 .....	41
9.3.2.	Měření v březnu 2014 .....	43
10.	Převzatá data .....	44
10.1.	Zdroje informací a dat.....	44
10.2.	Green Gas DPB, a.s. ....	45
10.3.	OKD, a.s. ....	46
10.4.	Povodí Odry, a.s.....	46
11.	Zhodnocení výsledků .....	46
11.1.	Zhodnocení použitelnosti měřicí metody (srovnání výsledků in situ a laboratorně).....	46
11.2.	Dosažené výsledky měření a jejich zhodnocení .....	49
11.2.1.	DNH: výsledky jarního měření (květen 2011) .....	50
11.2.2.	DNH: výsledky podzimního měření (říjen 2013).....	53
11.2.3.	DNH: srovnání výsledků obou časových řad měření .....	55
11.2.4.	Kozinec: výsledky letního měření (září 2013) .....	56
11.2.5.	Kozinec: výsledky zimního měření (březen 2014).....	59
11.2.6.	Kozinec: srovnání výsledků obou časových řad měření .....	60
12.	Závěr .....	69
13.	Seznam literatury .....	74
14.	Seznam legislativy .....	77
15.	Seznam příloh.....	78
16.	Seznam obrázků a tabulek v textu.....	78

### **Seznam použitých zkratek**

ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DDT	dichlordifenyiltrichlorethan
DNH	Dávkovací nádrž Heřmanice
GG DPB	Green Gas DPB
KDP	Karvinská dílčí pánev
KWK	Kopalnia Węgla Kamiennego
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
MZe	Ministerstvo zemědělství
NEK	norma environmentální kvality
NV	nařízení vlády
OKD	Ostravsko karvinské doly
OKR	Ostravsko-karvinský revír
ODP	Ostravská dílčí pánev
PDP	Petřvaldská dílčí pánev
PO	Povodí Odry, s.p.
ř.km.	říční kilometr
TCE	trichloretylen
TTCE	tetrachloretylen
VJJ	Vodní jáma Jeremenko
VJŽ	Vodní jáma Žofie



## 1. Úvod, cíl práce

Ostravsko je poslední a dříve také největší černouhelný revír v České republice. I přes současný pokles produkce uhlí, zapříčiněný hlubokou krizí v tomto oboru, má jediný zdroj černého uhlí v České republice význam hlavně pro hutnický průmysl.

Těžba uhlí je spojena s produkcí důlních vod, které se čerpají z dolů na povrch a vypouštějí do povrchových vodotečí. Pro povrchové vody v regionu OKR jsou důlní vody svým chemismem cizorodé – jedná se o vody se zvýšenou, především sodno-chloridovou mineralizací, způsobenou vysokým podílem fosilních mořských vod. Jak uvádí např. P. Pitter (2009), průměrný obsah chloridů v řekách je jen  $7,8 \text{ mg.l}^{-1}$ , kdežto v mořských vodách to je cca  $18\,800 \text{ mg.l}^{-1}$ . Výskyt chloridů v místních povrchových vodách připouští stávající legislativa do hodnoty  $150 \text{ mg.l}^{-1}$  (roční průměr NEK; blíže viz kapitola 6); důlní vody ale koncentraci chloridů v povrchové vodě zvyšují až na řád prvních tisíců  $\text{mg.l}^{-1}$ . V ostravské a petřvaldské části OKR se důlní vody vypouštějí do řeky Ostravice a menší vodoteče Stružka (název této vodoteče se několikrát mění – viz podkapitola 3.2), které se vlévají do Odry. V karvinské části OKR důlní vody odtékají Karvinským potokem do Olše, která je taky přítokem Odry.

Vypouštění důlních vod do vod povrchových má na jejich chemismus výrazný vliv. Projevy jsou ale nejen ve vodách tekoucích (řekách, potocích), které jsou přímými recipienty pro vypouštění, ale i ve stojatých vodách nádrží, kolem kterých nebo přes které tyto recipienty protékají. Způsob mísení důlních vod v prostých povrchových vodách v těchto stojatých vodách a homogenizace směsi je předmětem mé diplomové práce. Jejím textem volně navazuji na svou bakalářskou práci (Maluchová, 2012), kde jsem sledovala způsob mísení důlních vod v tekoucích vodách řek Ostravice a Odry (protože využívám stejné pracovní a metodické postupy, přebírám některé stati z bakalářské práce i zde).

Vybrala jsem 2 lokality – Dávkovací nádrž slaných důlních vod v Ostravě – Heřmanicích (dále i zkratka „DNH“), kam se důlní vody vypouštějí řízeně (reguluje se množství vtékající důlní vody a vytékající směsi), a poklesovou zátopu v místě bývalé osady Kozinec v obci Doubrava u Orlové, kolem které protéká Karvinský potok. Ten odvádí slané důlní vody z většiny karvinských dolů, přičemž důlní voda z něj průsakem proniká do poklesové zátopy.

Pro analýzu způsobu mísení důlních vod se stojatými vodami je nutné shromáždit velké množství terénních údajů. Proto jsem použila rychlou a levnou metodu - měření elektrické vodivosti (konduktivity), díky které jsem provedla 430 měření ve 4 časových řadách (2x DNH, 2x zátopa Kozinec). Část výsledků prvního měření na DNH jsem přebrala se svolením svého zaměstnavatele z jeho archivních podkladů.

V závěru své práce se zamýšlím nad dopady mísení mineralizovaných důlních vod s prostými povrchovými vodami na místní rybí populaci.

## **2. Nakládání s důlními vodami v OKR**

OKR lze členit na menší územní jednotky (Maluchová, 2012):

Ostravská dílčí pánev (ODP) v západní části hodnoceného území, kde byla těžba uhlí ukončena s útlumem uhelného hornictví v OKR na počátku a v průběhu 90. let.

Petřvaldská dílčí pánev (PDP) navazuje na Ostravskou pánev směrem k východu; ani tady už těžba neprobíhá.

Karvinská dílčí pánev (KDP) je východní částí revíru a je činná. Tady stále probíhá těžba uhlí v rámci zachovaných dobývacích prostorů, s výjimkou několika již utlumených závodů (František, Dukla a Barbora; dále Gabriela a Doubrava, kde těžba probíhá nebo donedávna probíhala prostřednictvím sousedních činných závodů).

„Jižní oblast“ se rozkládá od Ostravy k jihu a nachází se tady utlumený (a zatápěný) důlní závod Paskov a do dnešní doby činný závod Staříč.

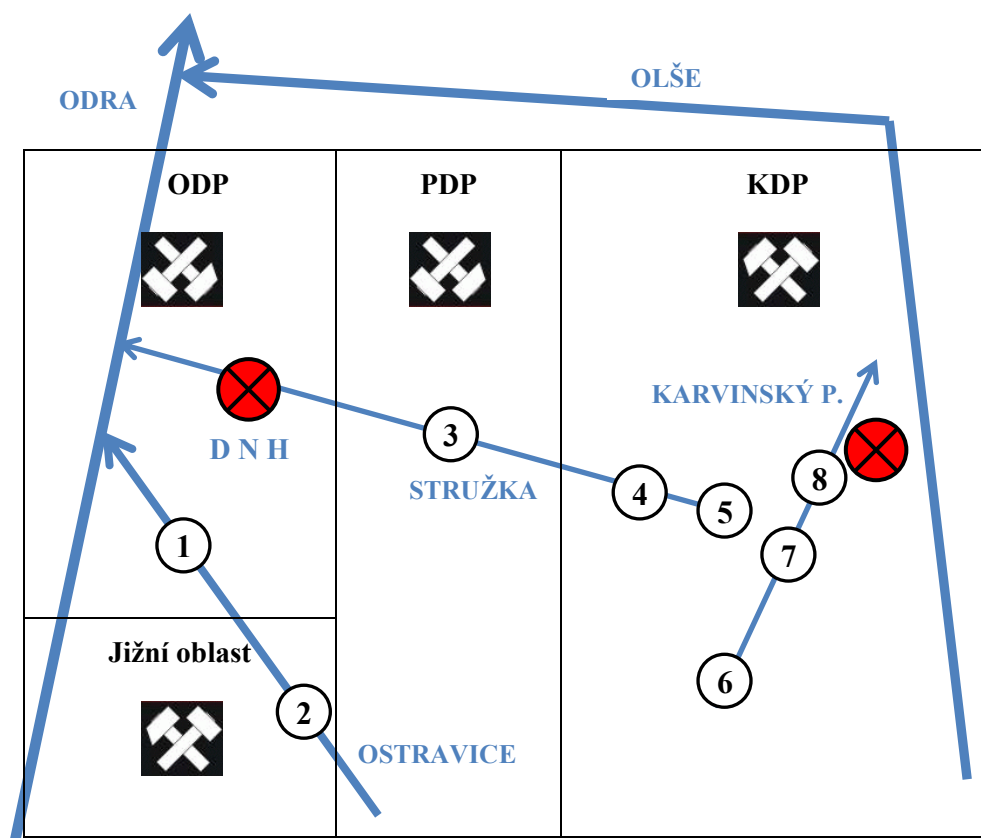
Když skončila těžba v ostravské a petřvaldské části revíru, bylo ukončeno i čerpání důlních vod. Bylo důležité zajistit, aby důlní voda nepřetékala skrytě podzemím do stále činných částí revíru na Karvinsku a nevyvolávala tady riziko pro práci a provoz v podzemí. Proto byly vybudovány tzv. vodní jámy Jeremenko (VJJ) a Žofie (VJŽ). Zde probíhá – a do doby dotěžení uhelných zásob na Karvinsku bude probíhat – umělé snižování vodní hladiny tak, aby důlní voda nepřetékala do činné karvinské části. Voda z VJJ se vypouští přímo do Ostravice. Voda z VJŽ se prostřednictvím potoka Petřvaldská stružka vypouští do Orlovské stružky; ta (už pod názvem Rychvaldská a následně Vrbická stružka) částečně protéká přes tzv. Dávkovací nádrž v Ostravě-Heřmanicích (DNH) – viz další text. V DNH

se důlní voda ředí a homogenizuje. Směs se potom řízeně (pomocí stavidel) vypouští do Odry podle okamžitého průtoku v Odře, aby při nízkých průtocích v Odře nedocházelo k nadměrnému zatížení toku důlní vodou.

Důlní voda z lokality Staříč v jižní oblasti OKR se čerpá do vyrovnávací nádrže a řízeně se vypouští do řeky Ostravice.

Činné doly na Karvinsku, s výjimkou důlních lokalit Doubrava a Lazy, se nacházejí v povodí řeky Olše. Vody ze závodů Doubrava a Lazy tečou do Stružky (Doubravské a Lazecké) a pak do DNH (stejně jako v případě Vodní jámy Žofie). Důlní voda z ostatních karvinských dolů se vypouští do Karvinského potoka. Jím jde voda do řeky Olše a ta se následně vlévá do Odry.

Schematizovaně popsanou situaci vystihuje obrázek 1.



Obrázek 1: schéma nakládání s důlními vodami v OKR

Vysvětlivky k obrázku 1:



Umístění hodnocených nádrží DNH (vlevo) a Kozinec (vpravo)

- 1: Vodní jáma Jeremenko, DIAMO, s.p.
- 2: Závod Důl Paskov, OKD, a.s.
- 3: Vodní Jáma Žofie, DIAMO, s.p.
- 4: Závod Důl Karviná, lokalita Lazy, OKD, a.s.
- 5: Závod Důl Karviná, lokalita ČSA (Doubrava), OKD, a.s.
- 6: Závod Důl ČSM, OKD, a.s.
- 7: Závod Důl Darkov, OKD, a.s.
- 8: Závod Důl Karviná, lokalita ČSA (Jan-Karel), OKD, a.s.

Podle sdělení vodohospodáře OKD, a.s. mají všechny doly činné části OKD platné vodoprávní rozhodnutí k vypouštění důlních vod. Toto Rozhodnutí, které ukládá povinnost odběrů a analýz vzorků důlních vod, obsahovalo pouze limity pro roční vypouštěná látková množství znečišťujících látek, obsažených v důlních vodách. Od roku 2013, kdy byla platnost Rozhodnutí prodloužena, toto bylo zároveň aktualizováno a nově byly pro důlní vody stanoveny maximální roční vypouštěné objemy vod a maximální přípustné koncentrace vybraných znečišťujících látek. Konkrétně se jedná o ionty chloridů, síranů, nerozpuštěné látky (105°C), RAS (505°C), Fe, Mn, uhlovodíky C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> a PAU. Jak dále uvedl vodohospodář OKD, a.s., tyto limity jsou většinou stanoveny pro každý důl jinak, s přihlédnutím k charakteru důlní vody toho-kterého dolu.

### 3. Vymezení zájmového území

Schematicky je zobrazeno na obrázku 1, detailnější zobrazení je v příloze 1. V tabulce 1 dokládám výčet mapových listů, příslušných pro zájmové území.

*Tabulka 1: mapové listy*

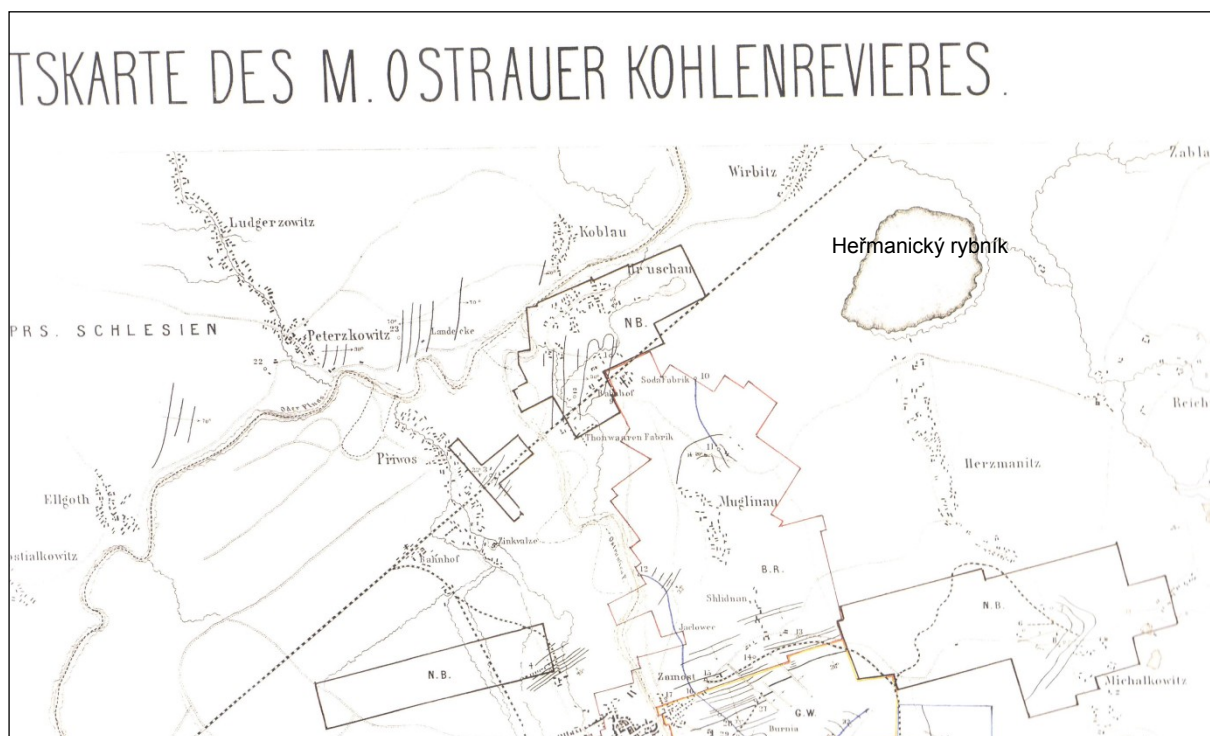
měřítko	list	název	lokalita
1 : 50 000	15-43 15-44	Ostrava Karviná	DNH Kozinec
1 : 25 000	15-432 15-441	Ostrava Orlová	DNH Kozinec

### 3.1. Charakteristika zájmových vodních nádrží

Ve své práci jsem se zaměřila na Dávkovací nádrž slaných důlních vod Heřmanice a na poklesovou zátoku Kozinec.

#### 3.1.1. Dávkovací nádrž Heřmanice

Dávkovací nádrž Heřmanice (dále označena i jako DNH) je vodohospodářské dílo, které zajišťuje řízené vypouštění části slaných důlních vod, přitékajících potokem Stružka z Karvinska a Petřvaldska. Heřmanický rybník (Heřmanský stav) se nachází v k.ú. Heřmanice u Ostravy. Celkově zaujímá plochu cca 100 hektarů včetně rozsáhlého litorálního porostu; samotná volná vodní hladina má rozlohu cca 70 ha. Svou rozlohou patří mezi největší rybníky v okolí. Není přesně známo, kdy rybník vznikl. Rybník existuje od 16. století a byl vždy využíván k chovu ryb. Na obrázku 2 je lokalita zakreslena v mapě z roku 1865, celkový pohled je na obrázku 1 přílohy 5 (fotodokumentace).



Obrázek.2: lokalizace Heřmanického rybníka na mapě ostravské části OKR z r.1865  
(podle V. Jičínského, měřítko 1 : 36 000, in Černý a kol., 2003, mapové přílohy)

Z pohledu geomorfologické rajonizace se lokalita nalézá v celku Ostravská pánev, okrsku Ostravská niva. Krajina má rovinný charakter (niva Odry). Její nadmořská výška se pohybuje okolo 200 m n. m. Nad plochý terén se zvedají výrazné antropogenní tvary, hlavně jižně od lokality, kde je výrazný heřmanický odval.

Z hydrografického hlediska je lokalita v povodí české části dolního toku řeky Odry s číslem 2-03-02. Nejblížejším větším tokem je Odra; která protéká cca 1700 m od DNH.

V poválečném období, kdy se silně rozvíjela hlubinná těžba uhlí na Ostravsku, docházelo vlivem hornické činnosti a poddolováním k poklesům dna rybníka (až 2,5 m), takže v roce 1959 už nebylo možno rybník k výlovu úplně vypustit a musel být vyčerpán, tím rybník vlastně pozbyl své funkce ve smyslu rybníkářství. Od roku 1959 sloužil rybník k nepravidelným odlovům a sportovnímu rybaření.

V souvislosti s rozvíjející se těžbou uhlí docházelo i ke zvýšení produkce slaných důlních vod (především tzv. detritových vod), které byly z dolů čerpány na povrch a bylo nutné je vypouštět do povrchových vod (potoků, řek – tzv. recipientů). Protože průtoky v povrchových tocích jsou závislé na klimatických podmínkách, ale produkce důlních vod se odvíjí od intenzity těžby (hlavně v blízkosti hydrogeologického detritového kolektoru nasyceného slanou vodou), vznikl problém zasolení povrchových vod, kdy povrchové toky byly především při svých nízkých průtocích (léto) ohrožovány vypouštěnou slanou vodou, která působila ekologické škody. Tento problém byl také v úrovni mezinárodní, protože řeky Odra a Olše, do kterých se slaná voda cílově vypouštěla, jsou řekami hraničními. Proto v letech 1967 - 1968 tehdejší Ministerstvo lesního a vodního hospodářství požadovalo snížení zasolení Odry a Olše do roku 1970 tak, aby nebyla překročena koncentrace chloridových iontů  $350 \text{ mg.l}^{-1}$  v hraničním profilu Odry a Olše při  $Q_{355}$ . Bylo rozhodnuto do roku 1971 vybudovat 1. etapu dávkovací nádrže Heřmanický rybník a byla zpracována studie stavby „Retardace odtoku důlních vod v OKR“ (zpracováno Báňskými projekty Ostrava). Principem funkce zařízení bylo (a je) převádět důlní vody přes DNH, zde je ředit sladkou vodou (přítoky z potoka Korunka od Heřmanic a průsaky podzemní vody) a vody dávkovaně vypouštět podle okamžitého průtoku a koncentrace chloridů v Odře.

Stavba byla zahájena v březnu 1970 a dokončena v prosinci 1971. Vznikla dávkovací nádrž o celkovém objemu  $1,55 \text{ mil m}^3$ , rozdělená na proměnlivý akumulací objem

0,85 mil. m<sup>3</sup> pro dávkování a na stálou akumulaci 0,7 mil. m<sup>3</sup>. Stálá akumulace byla navržena k vyrovnání látkového odtoku ve Stružce, k snížení vysokých látkových odtoků chloridů do Odry. Do DNH byly svedeny důlní vody tehdejších dolů Čs. Pionýr, Ant. Zápotocký (Lazy), J. Fučík, Rudý říjen (Heřmanice) a Doubrava. Kromě Dolu Heřmanice, který se nachází nedaleko DNH a vypouštěl do ní vodu prostřednictvím potoka Korunka, byly důlní vody z oblasti Petřvaldu a Karvinska (Lazy, Doubrava) odváděné do potoka Stružky, který – stejně jako Korunka – ústí do DNH.

Co se týká vlastního průtokového systému, DNH je boční nádrž na vodoteči Stružka, Stružka je potok, který přitéká od Doubravy u Orlové a postupně protéká přes několik katastrů (Orlová, Rychvald, Vrbice, Pudlov), až se v Pudlově vlévá do Odry (Stružka mění své jméno podle katastrů, kterými protéká: Orlovská, Rychvaldská, ...). Už od Doubravy se do Stružky vypouštějí důlní vody. Stružka přitéká k jezu v obci Rychvald. Odtud je odváděna 3 koryty: 1 rameno - tzv. Bohumínská stružka – teče směrem přes rybníky Zábalský, Nový Stav a Lesník přes ŽDB a.s. v Bohumíně; dále protéká Bohumínem a ústí do řeky Odry pod hraničním profilem, který je ve Starém Bohumíně - Chalupkách. Další rameno – tzv. Vrbická stružka odtéká kolem severního okraje DNH (viz obrázek 3 v příloze 5) přes katastr Vrbice a Pudlov (po severním okraji Vrbického jezera) a ústí rovněž do Odry (vysoko nad hraničním profilem v Chalupkách). Z Vrbické stružky (2. rameno) hned pod Rychvaldským jezem odbočuje 3. rameno – tzv. „přivaděč“, který přechází přes 2. rameno v zatrubněném úseku (tzv. „akvadukt“ – viz obrázek 4 přílohy 5). Přivaděč následně ústí do DNH; po průchodu DNH (naředění a homogenizace) je voda řízeně zpět vypouštěna do 2. ramene - Vrbické stružky. Množství vody, protékající do jednotlivých ramen, se reguluje stavidlem na rychvaldském jezu.

Dalším potokem, který ústí do DNH, je Korunka – viz obrázek 5 přílohy 5 (fotodokumentace). Tento potok přivádí sladkou vodu od osady Heřmanice. V minulosti sem vypouštěl vodu Důl Heřmanice (Rudý říjen). Teď voda ředí slanou vodu v DNH. Přítok je neregulovaný.

Provoz rybníka – teď už Dávkovací nádrže Heřmanice byl umožněn souhlasným Rozhodnutím č. 15/1972 ze dne 5.6.1972 Vodoprávního úřadu (odbor vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví NV města Ostravy) a také v tom roce byla DNH uvedena do provozu pod správou tehdejšího OKD, OŘ Závodu pro degazaci a odvodnění

v Paskově (později Důlní průzkum a bezpečnost Paskov, později i OKD, DPB, a.s. a dnes Green Gas DPB, a.s. v Paskově).

Aktuálně je činnost DNH umožněna Rozhodnutím č. 2338/07/VH – O povolení k nakládání s vodami pro „Dávkovací nádrž slaných důlních vod v Ostravě – Heřmanicích“, vydaném Magistrátem města Ostravy, odbor ochrany životního prostředí ze dne 6.11.2007.

Z vodohospodářského hlediska je tedy prvořadou funkcí Heřmanického rybníka dávkování slaných důlních vod. To probíhá tak, aby v řece Olše v profilu Bohumín nebyly překročeny hodnoty maximálních koncentrací chloridových iontů ve smyslu „Úmluvy mezi vládou Československé republiky a Polské republiky o vodním hospodářství na hraničních vodách“ z roku 1958, jejichž plnění přešlo pro příslušnou část hranice dnem 1.1.1993 na Českou republiku (tzv. „česko-polská úmluva“). Podle informace Povodí Odry, a.s. ale právní síla česko-polské úmluvy klesá ve prospěch stávající legislativy (kapitola 6), která již odráží i pohled Evropské unie.

Limitní koncentrace chloridů jsou vázány na průtok vody v Odře. Při dávkování spolupracuje obsluha dávkovací nádrže Heřmanice s dispečinkem Povodí Odry, s.p. Podle vodnosti recipientu se voda rozděluje do jednotlivých ramen. K manipulaci vody v nádrži je oprávněna současná společnost Green Gas DPB, a.s.

V současnosti je průměrný denní přítok vody ze Stružky do DNH cca  $40 \text{ l.s}^{-1}$ . Podle manipulačního řádu, kterým se provoz DNH řídí, je maximální teoretické množství vody, které může do DNH přitékat,  $1\,000 \text{ l.s}^{-1}$ . Z důvodu zanesení DNH a poklesů je toto množství nyní sníženo na  $600 \text{ l.s}^{-1}$ .

Heřmanický rybník je významnou lokalitou taky pro rybníkářské využití (sportovní rybaření), myslivecké využití (honitba) a ochranu přírody.

Heřmanický rybník je mimopstruhovou vodou s rozlohou 116 ha, v majetku RPG RE Land, s.r.o., Ostrava. Je zde povolený celoroční rybolov. Hlavní lovnou rybou je kapr obecný (*Cyprinus carpio*); vyskytuje se zde i amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*), candát obecný (*Sander lucioperca*), štika obecná (*Esox lucius*), sumec velký (*Silurus glanis*) - viz obrázek 7 v příloze 5 (fotodokumentace), úhoř říční (*Anguilla anguilla*), lín obecný (*Tinca tinca*), cejn velký (*Abramis brama*), bolen dravý (*Leuciscus aspius*), tolstolobec pestrý (*Aristichthys nobilis*) a tolstolobik bílý (*Hypophthalmichthys molitrix*), plotice obecná



(*Rutilus rutilus*), perlín ostrobřichý (*Scardinius erythrophthalmus*), okoun říční (*Perca fluviatilis*), karas obecný (*Carassius carassius*), ouklej obecná (*Alburnus alburnus*), slunka obecná (*Leucaspis delineatus*) (Raška, 2014 [online]). Rybník je zvláštní rybářskými posedy, u kterých je možnost pronájmu. Na rybníce je jich více než sedmdesát. Tyto posedy tvoří dřevěné stavby s dlouhými přístupovými lávkami – viz obrázek 2 přílohy 5.

Kromě výše uvedeného rybníkářského využití si tady od počátku provozu DNH uplatňují nároky zejména Myslivecké sdružení Ostrava - Heřmanice (zaměřené převážně na lov vodního ptactva a další zvěře) a subjekty ochrany přírody, zejm. Krajské středisko státní památkové péče a ochrany přírody, zainteresované na ochraně ptactva, sledování tahů atd. (Povodí Odry, a.s., 2008).

DNH je součástí Ptačí oblasti Heřmanický stav – Odra – Poolší. Je to území vyhlášené podle evropské směrnice č. 79/409/EHS o ochraně volně žijících ptáků (zkráceně směrnice o ptácích). Spolu s evropsky významnými lokalitami vyhlášenými podle směrnice o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin č. 92/43 EHS vytvářejí soustavu Natura 2000, jejíž vybudování je jednou z povinností Česka jako člena EU. Ptačí oblasti jsou vymezovány podle výskytu druhů uvedených v přílohách směrnice, nebo jako shromaždiště (hnízdíště, zimoviště) různých druhů ptáků v počtu vyšším než 10 000 ks. Ptačí oblasti nejsou zvláště chráněnými územími. Vyhláší je vláda svými nařízeními, ve kterých nejsou žádné zákazy, ale můžou být stanoveny činnosti vyžadující souhlas orgánu ochrany přírody. V rámci Natury 2000 je součástí Evropsky významné lokality Heřmanický rybník (kromě Heřmanického i další rybníky v okolí). Je to i regionální biocentrum 129 Heřmanice-Záblatí (N1), dříve jako č. 1839 Heřmanický rybník (Urbanistické středisko Ostrava, 2013 [online]).

Jenom na samotném Heřmanickém rybníce, který se považuje za jednu z nejznámějších ornitologických lokalit u nás, bylo dosud zaznamenáno 250 ptačích druhů. Toto území představuje jednu z nejvhodnějších lokalit pro pravidelné hnízdění čtyř druhů ptáků, a to motáka pochopa (*Circus aeruginosus*), ledňáčka říčního (*Alcedo atthis*), slavíka modráčka (*Luscinia svecica*), bukáčka malého (*Ixobrychus minutus*); typický je i bukač velký (*Botaurus stellaris*), který tady i zimuje - viz obrázky 8 až 12 v příloze 5 (fotodokumentace). Výrazně vzrostl počet hnízdních párů husy velké (*Anser anser*), objevuje se jeřáb popelavý (*Grus grus*), pravidelně zde hnízdí více párů vodouše

rudonohého (*Tringa totanus*). Vzácnými hnízdními druhy jsou racek černohlavý (*Ichthyaetus melanocephalus*), rybák obecný (*Sterna hirundo*) a morčák velký (*Mergus merganser*), který tu nachází jediné pravidelné hnízdiště v České republice. Území představuje jednu z nejvýznamnějších tahových zastávek bahňáků v ČR. Na blízké Odře každoročně zimují orli mořští (*Haliaeetus albicilla*) - v počtu 1 až 2 kusů, několik druhů racků, např. racek bouřní (*Larus canus*) či morčáci velcí (*Mergus merganser*), kteří se objevují i v počtech až sta kusů (Urban, 2013 [online]).

Evropsky významná lokalita Heřmanický rybník (CZ 0813444) byla vyhlášena nařízením Vlády č. 132/2005 Sb. Jedná se o soustavu čtyř rybníků (Heřmanický rybník, Lesník, Zábłatský a Nový stav) s rozsáhlými porosty rákosin eutrofních stojatých vod a přilehlými, druhově chudými, mokřadními vlhkými pcháčovými loukami. Předmětem ochrany je čolek velký (*Triturus cristatus*) - viz obrázek 6 přílohy 5 (fotodokumentace), jehož biotopem jsou tůně s bohatou vodní vegetací a bažiny v okrajových partiích rybníka s rozsáhlými rákosinami (Urban, 2013 [online]).

### 3.1.2. Poklesová zátoka Kozinec

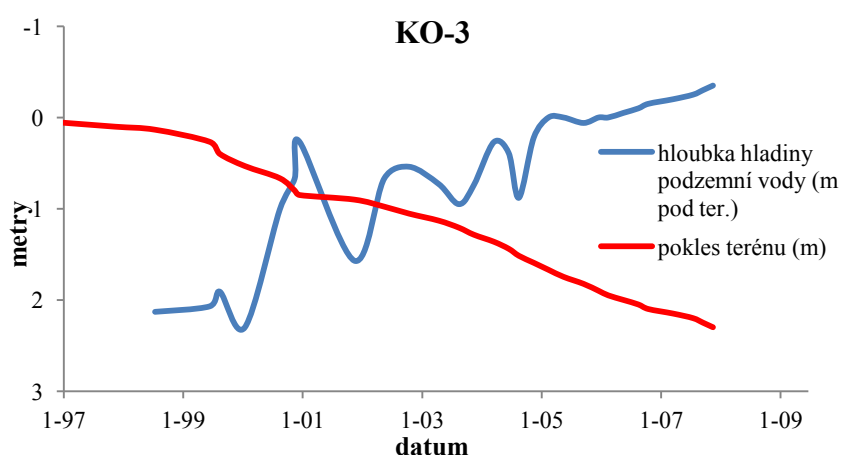
Zátoka v oblasti bývalé osady Kozinec v Doubravě u Orlové má zcela jinou historii, než DNH. Jde o mladou poklesovou zátoku, která vznikla v důsledku poklesů terénu vlivem těžby černého uhlí v oblasti 11. těžební kry Dolu závod Karviná (lokalita ČSA – Jan-Karel), v dobývacím prostoru Karviná-Doly I. Oblast je v prostředí ploché levobřežní nivy Olše a na ni navazujícího vyššího terasového stupně, kde je hladina podzemní vody už od hloubky cca 1,5 m pod terénem. Při poklesech terénu voda začala rychle vystupovat do blízkosti terénu a nad něj. Výsledkem bylo nejdříve zamokření terénu tam, kde byl střed poklesů (louka a nivní les severně od zástavby), později se zde vytvořila i zátoka. Ta se s růstem poklesů časem rozšířila i do zástavby, takže bylo nutno ji od majitelů vykoupit a zlikvidovat. S dalšími poklesy se začal rozlévat i blízký Karvinský potok; ten se nakonec spojil se zátokou (poklesovým jezerem) a mineralizovaná důlní voda, která Karvinským potokem odtéká, se smísila se sladkou (prostou) vodou v zátokě. Ke dnešnímu dni zátoka zaujímá plochu cca 32 hektarů. Největší poklesy terénu v místě zátoky dosahují až 8 m a tomu odpovídá i nejvyšší hloubka zátoky – kolem 7 m (blíže kapitola 11.2.4.).

Citlivost lokality na změnu úrovně hladiny podzemní vody v důsledku poddolování je způsobeno i tím, že v dávné minulosti tudy protékala Olše, která tu meandrovala

a překládala koryto. Ve Špluchově se nacházel historický soutok Stonávky s Olší, taky sem zasahovala rybníční soustava na Karvinském potoce, která zanikla (přeměněna na odkalovací nádrže lokality ČSA Dolu Karviná. Olše byla ohrázována, tok Stonávky byl zkrácen a napojen na Olši v místě „Sovinec“. Rozšiřovala se zástavba.

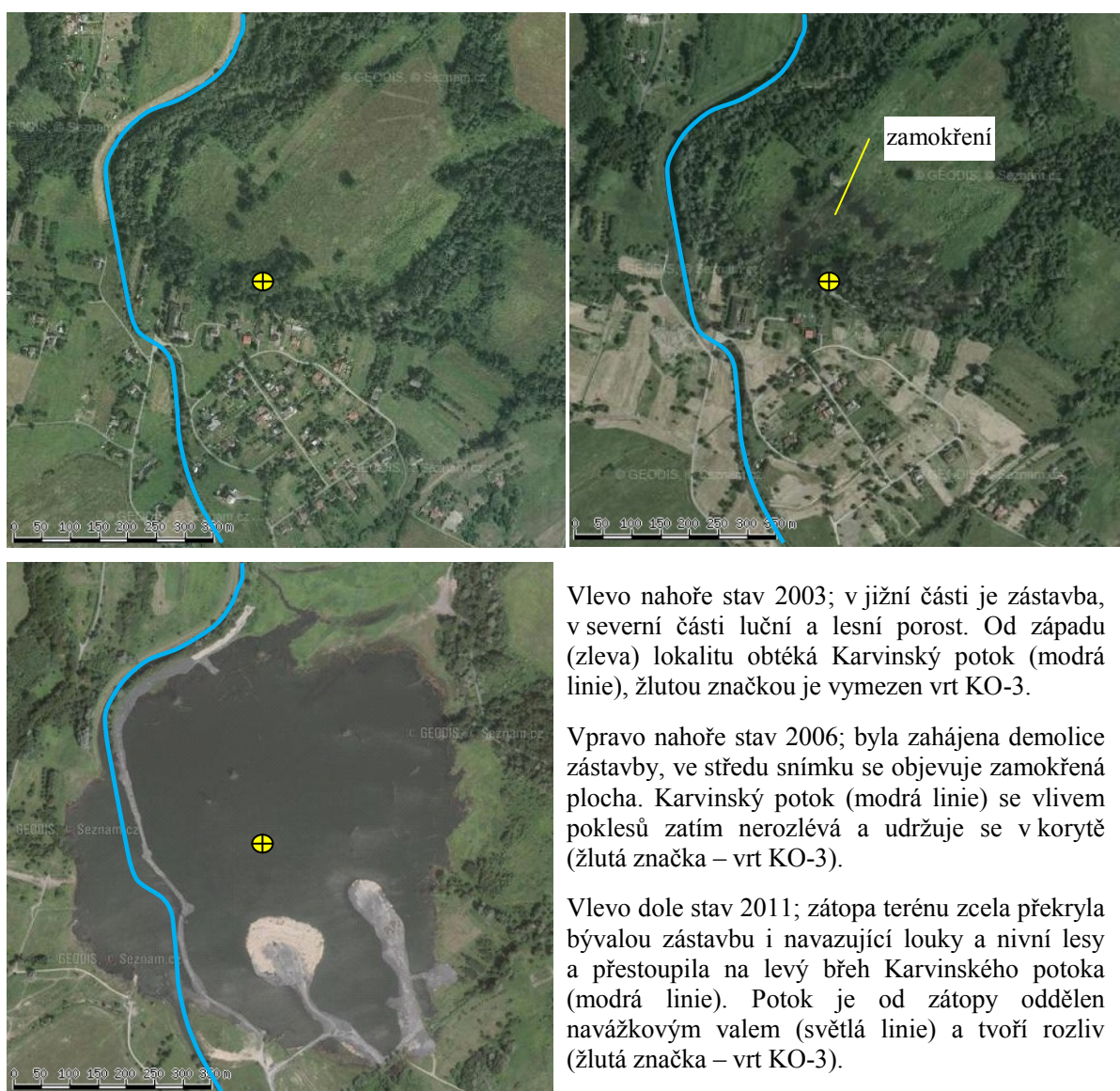
Terén začal klesat právě v místě jejího starého koryta (meandru). Olše byla později několikrát přeložená a v lučním terénu bylo vybudováno jímací území Karviná-Špluchov, kde se pomocí studní v pramenných domcích jímala podzemní voda pro zásobování Karviné (podobné jímací území bylo i na pravém protějším břehu – Karviná – Staré Město). Když poklesy terénu začaly, byl Špluchov zlikvidován.

Zátopa na Kozinci nevznikla nečekaně. Už od roku 1995 zde tehdejší Důl ČSA plánoval intenzivní hornickou činnost. Proto ještě před zahájením těžby započal monitoring úrovně hladiny podzemní vody v této lokalitě a v jejím okolí (prováděl odbor hydrogeologie Green Gas DPB, a.s.). Taky se začal sledovat chemismus podzemních vod. Z výsledků měření se pak sestavila prognóza, jak se bude měnit režim podzemních a povrchových vod, až začne terén klesat. Z prognózy vyplynulo, že lokalitu nelze zachránit a pokud těžební organizace chce uhlí vytěžit, musí zástavbu a přilehlé pozemky vykoupit a obětovat. Pro představu toho, jak se při poklesech terénu začala hladina podzemní vody přibližovat k terénu, přebírám z dat mého zaměstnavatele záznam měření na vrtu KO-3, který byl v centru začínajících poklesů – obrázek 3.



Obrázek 3: vrt KO-3 – změna hloubky hladiny pod terénem během poklesu terénu (podle Maluchy, Hotárka, 2006-2014)

Na obrázku 4 jsou 3 letecké snímky, které dokumentují změny v terénu mezi roky 2003 a 2011. Pozici vrtu KO-3 jsem znázornila žlutou značkou. Na prvním snímku je vidět ještě neporušenou zástavbu. Tehdy již poklesy sice probíhaly, ale dosahovaly jen maximálně 1 metr. Protože byly hlavně mimo zástavbu, podzemní voda domy neohrožovala. Vrt KO-3 v místě největších poklesů ale už ukazoval nástup hladiny vody z hloubky 2 m pod terénem na 1 m. V roce 2006 už poklesy dosáhly 2 m a hladina podzemní vody dosáhla terénu. Začal se tvořit mokřad, který je vidět na 2. leteckém snímku. Další poklesy vedly k vytvoření zátopy terénu a vynutily si výkupy a demolice domů. Popsaná situace je zachycena i ve fotodokumentaci v příloze 5 (obrázky 13 až 21).



Vlevo nahoře stav 2003; v jižní části je zástavba, v severní části luční a lesní porost. Od západu (zleva) lokalitu obtéká Karvinský potok (modrá linie), žlutou značkou je vymezen vrt KO-3.

Vpravo nahoře stav 2006; byla zahájena demolice zástavby, ve středu snímku se objevuje zamokřená plocha. Karvinský potok (modrá linie) se vlivem poklesů zatím nerozlévá a udržuje se v korytě (žlutá značka – vrt KO-3).

Vlevo dole stav 2011; zátopa terénu zcela překryla bývalou zástavbu i navazující louky a nivní lesy a přestoupila na levý břeh Karvinského potoka (modrá linie). Potok je od zátopy oddělen navážkovým valem (světlá linie) a tvoří rozliv (žlutá značka – vrt KO-3).

Obrázek 4: letecké snímky oblasti Doubrava – Kozinec  
(podle Mapy.cz, Geodis, M = cca 1 : 12 500, sever k hornímu okraji)

V takto poddolovaném území bylo nezbytné zahájit komplexní rekultivaci. Jak uvádí Polášek et al. (2010), rozsáhlé území mezi Karvinou a obcí Doubrava je v hodně ohledech z hlediska biodiverzity unikátní. Poklesové jezero zasahuje do regionálního biocentra 300106/62. Jde o rozsáhlé semifunkční biocentrum o rozloze 776 673 m<sup>2</sup>, které zahrnuje tok řeky Olše, lužní lesy a zbylé fragmenty luk v původně zemědělské krajině v okolí Olše. Díky velké přírodní hodnotě, kterou lokalitě přisuzují experti (lokalita leží v území s nadstandardním potenciálem rozvoje biodiverzity, který sledují zoologové v rámci kvadrátu 6176 a 6177 mezinárodního kvadrátového mapování organismů (Pruner & Míka, 1996), bylo rozhodnuto, že vznikající zátoka nebude zavezena rekultivačním materiálem, ale do roku 2022 tu má na rozloze 170 hektarů vzniknout unikátní biotop i oblast pro volnočasové aktivity lidí (Síbirt, 2013 [online]).

Polášek et al. (2010) uvádí, že technická část rekultivace Kozince začala v roce 2006 a její ukončení je plánováno na rok 2017. Následující biologická rekultivace má skončit v roce 2022. Území by mělo být rozděleno na dvě části. Severní část, navazující na lužní les v meandru Olše, bude určena pro přírodu se snahou o zvýšení druhové rozmanitosti rostlin a živočichů, jižní část k volnočasovým aktivitám obyvatel Karvinska (už dnes je místo vyhlášeným rybářským revírem, má sloužit ale i ke koupání, vodním sportům a okolí má být upraveno pro cykloturistiku). Dnes je na Kozinci vyhlášen mimopstruhový rybářský revír 471 214 – Kozinec 1 A (rozloha 35 ha). Do ukončení rekultivace a zemních prací v zátopě a okolí jezera je lov ryb povolen pouze v místech mimo probíhající práce.

Během rekultivace vznikne několik zajímavých terénních útvarů. Díky třem poloostrovům bude vodní plocha rozčleněna několika zátokami, uprostřed vodní hladiny vzniknou dva ostrovy. Jeden z nich nebude osázen dřevinami, ale bude ponechán přirozenému přírodnímu vývoji a měl by se stát vhodným místem pro hnízdění ptáků. V severní části vodní plochy vznikne hlavní ostrov ve tvaru kozy (tím symbolicky odkazuje na název lokality - Kozinec). Jeho součástí bude dvanáct menších ostrůvků, které budou určeny pro hnízdění ptáků. Břehy poloostrovů budou mít mírný sklon 10 – 20 %, navíc budou ve výšce maximálně 1,5 metru nad vodou, aby zapadaly do okolní krajiny. Pro modelování terénu bude navezena hlušina, zemina a úrodná ornice. Počítá se s vybudováním dosedacích berliček s bidýlky pro dravce, plazníků pro úkryt a místo pro rozmnožování plazů; pro hmyz a další živočichy budou sloužit kmeny pokácených stromů na souši i ve vodě – viz obrázky 22 a 32 přílohy 5 (fotodokumentace). Zatím se v lokalitě

realizuje pouze technická část rekultivace, zaměřená především na tvarování jižního a západního břehu mocnými násypy hlušin (poloostrovy, laguny) – viz obrázek 28 přílohy 5. Vzhled současné zátopy (jezera) ilustrují obrázky 20 a 31 přílohy 5.

Zátopou na Kozinci se po biologické stránce mj. zabývá Polášek et al. (2010), který zpracoval pro rekultivační záměr zoologickou studii. Pro tuto studii byl v tůních, v poklesovém jezeře i v tekoucí vodě (Karvinský potok) prováděn hydrobiologický a entomologický průzkum bezobratlých a byl sledován i výskyt obratlovců.

Podle Poláška et al. (2010) jsou zde z bezobratlých zastoupeny např. pijavice (*classis Hirudinea*) nebo máloštetinatci (*Oligochaeta*); z členovců byla zaznamenána přítomnost drobných korýšů a hmyzu. Z korýšů jsou zastoupeni rakovci (*classis Malacostraca*), lupenonožci (*Branchiopoda*) a *Maxillopoda*. Zastoupení korýšů se sleduje v planktonních společenstvech v tůních a v jezeře – ze zbytků mrtvých ramen jsou údaje o zástupcích řádu *Diplostraca* i buchankách *Cyclopoida*. V zooplanktonu poklesového jezera převažují vznášivkovití *Diaptomidae* z řádu *Calanoida*. Bohatě je zastoupena třída hmyzu (*Insecta*), např. vážky (*Odonata*), jepice (*Ephemeroptera*), polokřídli (*Hemiptera*), brouci (*Coleoptera*), dvoukřídli (*Diptera*), chrostíci (*Trichoptera*) a někteří motýli (*Lepidoptera*), kteří jsou vázáni svým vývojem na vodní prostředí. Byla zjištěna i řada ohrožených druhů brouků (včetně zvláště chráněných), např. lesák rumělkový (*Cucujus cinnaberinus*), střevlík Scheidlerův (*Carabus scheidleri*) a některé druhy svižníků (*genus Cicindela*). Střevlík Scheidlerův na Kozinci obývá lužní lesy i nelesní plochy jako nivní louky anebo stanoviště na okrajích vodních ploch. Tento druh na Karvinsku ubývá. Svižníci obývají otevřenější biotopy a rádi se vyskytují na místech ve zdržených sukcesních stadiích v okolí demolovaných staveb (na Karvinsku hlavně na obnažených násypech hlušin jen pozvolna zarůstajících řídkými nálety – osud takových lokalit bude v budoucnu záviset na trendech ve vývoji sanace a rekultivace – dnes je snaha obnažené plochy vesměs překrývat orníci).

Polášek et al. (2010) dále uvádí, že v době vzniku obsadily poklesové jezero pionýrské populace vážek a mezi nimi se objevily i první druhy z „Červeného seznamu ohrožených druhů ČR“ (Farkač et al., 2005). Z těchto druhů se na Kozinci aktuálně početně vyskytuje šidélko malé (*Ischnura pumilio*), které na lokalitě obsazuje osluněné mělké tůně s rozvíjející se makrofytní vegetací, mokřady a okraje poklesového jezera s pozvolně klesajícími břehy, které zarůstají litorálem. Výskyt vážky jasnoskvrnné

(*Leucorrhinia pectoralis*) byl na Kozinci zaznamenán právě v rozlivech Karvinského potoka. V území jsou zastoupeny také měkkýši, a to jak obvyklé druhy, tak druhy z červeného seznamu ohrožených druhů ČR a předpokládá se možnost obsazení poklesového jezera zvláště chráněnými druhy - např. by sem měl proniknout velevrub malířský (*Unio pictorum*).

Jak uvádí Polášek et al. (2010), před rozšířením zátopy obýval lužní les na Kozinci ze zástupců obratlovců slavík obecný (*Luscinia megarhynchos*) i několik párů lejska bělokrkého (*Ficedula albicollis*), který v přírodě hnízdí v dutinách stromů. Během obou řad vzorkování se na jezeře vyskytovaly labuť velké (*Cygnus olor*) - viz obrázek 45 přílohy 5 (fotodokumentace). Dále se tady pravidelně vyskytují hlavně netopýr rezavý (*Nyctalus noctula*) a netopýr vodní (*Myotis daubentoni*), kteří vytvářejí letní kolonie v dutinách stromů a jsou ohroženi úbytkem dřevin s dutinami v lužních porostech. V rámci rekultivace se na Kozinci počítá i s výskytem stromových druhů netopýrů z podřádu Yangochiroptera. Bobr evropský (*Castor fiber*) se na Kozinec se rozšířil až po roce 2004 ze Stonávky, odkud je známý od pol. 90. let min. století (viz obrázek 46 přílohy 5 - bobří hráz na Stonávce). Migrace druhu probíhají Olší i Karvinským potokem, kde byly poprvé nalezeny stopy v r. 2004 (Polášek et al., 2004). Na Kozinci se vyskytovala nejméně jedna rodina. Z plazů se na Kozinci vyskytuje jeden druh hada (*subordo Serpentes*) a dva druhy ještěřů (*subordo Sauria*).

Z pohledu cíle mé práce mají zvláštní význam obojživelníci a ichtyofauna. Na Kozinci se vyskytuje více druhů obojživelníků (*classis Amphibia*); v rámci rekultivace se připravují podmínky pouze pro některé vybrané druhy. Skokan zelený (*Rana esculenta* = *Pelophylax kl. esculenta*) intenzivně obsazuje poklesové jezero i okolní vznikající tůň. Ve skupině vodních skokanů je prověřována možnost výskytu skokana skřehotavého (*Rana ridibunda* = *Pelophylax ridibundus*). Rekultivace by měla hodně přispět ke vzniku biotopů potenciálně vhodných pro rozmnožování a trvalé udržení skokana ostronosého (*Rana arvalis*) – viz obrázek 48 přílohy 5 (fotodokumentace). Ten byl na Kozinci zjištěn jen mimo dobu rozmnožování a jeho výskyt ukazuje na zastoupení původních mokřadů a tůní v nivě Olše.

Při průzkumech byla ve vodním prostředí zkoumána přítomnost zástupců paprskoploutvých ryb (*classis Actinopterygii*). Zastoupení zvláště chráněných druhů bylo registrováno ve všech těchto skupinách.

Polášek et al. (2010) zdůrazňuje, že problémem pro dobrý rozvoj ichtyofauny v poklesovém jezeře na Kozinci může být umělé dosazování ryb člověkem. Lokality tak mohou dosahovat nepřírozeně vysoké druhové pestrosti a nevyrovnaného stavu populací. Živelně prováděné umělé zarybňování tůní kaprovitými rybami vede k potlačení filtračního efektu zooplanktonu, kvalitu vody také ovlivňuje i umělé příkrmování ryb. Stávající společenstvo v poklesovém jezeře se zřejmě vytvářelo živelně s částečným přispěním člověka (jak to je v podobných případech na poddolovaném Karvinsku obvyklé). Vzhledem k rybímu osídlení by mělo být hlavním cílem vytvoření lokality s vyváženou ichtyocenózou. Je nutné, aby v ní nejvýznamnější roli sehrávala vysoká dominance dravých druhů ryb ve skladbě, která dokáže nejúčinněji brzdit očekávaný silný rozvoj populací planktonožravých kaprovitých ryb (Polášek et al., 2010).

Jako zástupce, který by měl být na Kozinci podporován, je podle Poláška et al. (2010) pokusně stanoven karas obecný (*Carassius carassius*), který patří do červeného seznamu ohrožených druhů (Hanel & Lusk, 2003) – viz obrázek 47 přílohy 5. Dnes je to jeden z nejvíce ohrožených zástupců ichtyofauny v rámci kraje, který přežívá na ojedinělých lokalitách v regionu (v řešené oblasti už nebyl zjištěn). Karas obecný je nenáročný druh, který je schopen žít v mírně tekoucích i stojatých vodách a v tůních, určitou dobu snáší i bezkyslíkaté prostředí, přizpůsobil se důlním propadlinám a je tolerantní i k brakickým vodám (Hanel & Lusk, 2005).

### **Problematika odpojení Karvinského potoka a poklesového jezera**

Polášek et al. (2010) srovnává variantu propojení poklesové zátopy s Karvinským potokem (průtok potoka zátopou) a variantu s oddělením potoka od zátopy těsněnou hrází.

Pokud bude potok jezerem protékat, bude v zimním období profitovat ichtyofauna. Karvinský potok by jednak ztěžoval zámrz hladiny v jezeře, a pokud by již k zámru došlo, pak by relativně vysoké objemové množství vody Karvinského potoka zabezpečilo dostatečný přísun kyslíku do jezera a přežití ryb. Snížená možnost zámru jezera povede k nabídce většího množství ryb a v zimním období vyvolá koncentraci význačných



ichtyofágů z řad vodních ptáků, jako volavky popelavé (*Ardea cinerea*) nebo kormorána velkého (*Phalacrocorax carbo*; zvláště chráněný druh). Na druhé straně se ale zhorší prostředí pro obojživelníky. Ionty chloridů (způsobující vysokou konduktivitu) se považují za chemické znečištění, které sice nevádí rybám, ale má negativní dopad na obojživelníky. Z regionu není známo, že by se v takovém prostředí byl schopen rozmnožovat skokan ostronosý (*Rana arvalis*), u něhož je zájem na udržení v lokalitě Kozinec.

Ve variantě oddělení Karvinského potoka od zátopy by se zastoupení zooplanktonu v jezeře mělo více blížit stavu charakteristickému pro přirozenější stanoviště v říční nivě. Předpokládalo se, že se sníží vliv vysoké salinity Karvinského potoka, který zvyšuje konduktivitu poklesového jezera. Byla by i menší podobnost společenstva ryb v potoce a v jezeře. Vzhledem k předchozí variantě by byla nevýhodou větší náchylnost k zamrzání, což může během zimy vést k úhynu většiny ryb v důsledku kyslíkového deficitu a rozkladu vegetace pod zasněženým ledem. Takovému stavu by byl schopen odolávat např. právě karas obecný (*Carassius carassius*), který je preferovaný pro lokalitu Kozinec. Oddělení potoka od jezera je více žádoucí z hlediska obojživelníků, kteří jsou citliví na chemické znečištění. Na základě zkušeností z jiných lokalit v regionu lze tvrdit, že pro ohrožené druhy obojživelníků je vysoká konduktivita důlních vod nežádoucí a snášely by jej pouze ojedinělé druhy, které navíc dosud nebyly na nově vzniklém poklesovém jezeře přesvědčivě zjištěny (Polášek et al., 2010).

Závěrem Polášek et al. (2010) uvádí, že pro charakter a vývoj zooplanktonu, ichtyofauny v jezeře, pro batrachofaunu i avifaunu bude velmi důležité, jestli bude Karvinský potok od vod poklesového jezera oddělen či nikoliv. Jako lepší se jeví oddělení Karvinského potoka s ohledem na batrachofaunu.

Podle dnešního stavu rekultivační stavby byl Karvinský potok od jezera oddělen dlouhou hrází, tedy ve smyslu doporučení Poláška et al. (2010). Rovněž výsledky měření konduktivity na hladině jezera a potoka dokládají rozdíl v salinitě. Jak ale vyplývá z výsledků měření salinity v hloubce jezera, vliv potoka na salinitu vody v jezeře je i přesto velmi významný.

### 3.2. Hydrologie, charakteristika hlavních vodních toků

Hodnocené nádrže se nacházejí v těchto povodích 4. řádu (VÚV T.G.Masaryka, 2014 [online]):

DNH: 2-03-02-0082: **Vrbická stružka** od rychvaldského jezu po Odru;

Kozinec: 2-03-03-0672: **Karvinský potok**

2-03-03-0671: **Olše** od soutoku se Staroměstským potokem po soutok s Karvinským potokem

**Vrbická stružka:** je menší vodoteč, která přitéká k Ostravě od východu, z oblasti karvinské dílčí pánve. Je ve správě Povodí Odry, s.p. Je pravostranným přítokem Odry a vlévá se do ní blízko severního okraje Vrbického jezera (vzniklo po těžbě štěrkopísku). Stružka prochází poddolovanou oblastí celým svým tokem. Vzniká soutokem Doubravské a Lazecké stružky (dobývací prostory Doubrava a Lazy, částečně i Karviná-Doly I) a pokračuje přes katastry, podle kterých mění svůj místní název (Orlovská, Rychvaldská, Vrbická; podle Vodohospodářské mapy 1:50 000 se od soutoku Doubravské a Lazecké stružky až po Odru uvádí název „Stružka“). Končí v katastrech Vrbice (1. rameno) a Bohumín-Chalupki (2. rameno), kde ústí do Odry. Stružka je důležitá z hlediska vypouštění a odvádění slaných důlních vod.

Je recipientem, který odvádí důlní vodu z Vodní jámy Žofie v Petřvaldě a z lokalit Lazy a Doubrava závodu Důl Karviná. Nedávno sem důlní vodu nárazově vypouštěl i zrušený Důl Dukla. Stružka je specifická tím, že její tok se na Rychvaldském jezu dělí do 3 ramen (Malucha, 2011, 2012). Jedno rameno jde přímo do Odry (Vrbická stružka), druhé směřuje jako Bohumínská stružka k rybníkům u Bohumína (Nový Stav, Lesník, Záblatký) a pak do Odry, a třetí (náhon DNH) je odkloněno do Dávkovací nádrže slaných důlních vod, kde probíhá řízené vypouštění (dávkování) důlních vod tak, aby nedocházelo k nepříjemnému zvýšení koncentrací v řece Odře na hranicích s Polskem.

Průměrný průtok vody „Qa“ ve Stružce na profilu u jezu Rychvald (ř.km. 4,315) je cca  $300 \text{ l.s}^{-1}$  vody. Další průtočná množství – viz tabulka 2.

Dalším přítokem, tentokrát sladkých vod, je už několikrát zmíněný potok **Korunka**. Průměrný průtok v Korunce se uvádí na hodnotě  $35 \text{ l.s}^{-1}$ . Ve srážkově chudém období klesá průtok na cca  $20 \text{ l.s}^{-1}$ , v maximech roste na cca  $80 \text{ l.s}^{-1}$ .

**Karvinský potok** byl vybudován hlavně pro účely odvodnění poddolovaného území a odvedení čerpaných důlních vod z části důlních podniků na Karvinsku. Dnes je obtížné určit pramen potoka nebo místo jeho začátku (změna původního terénu poklesy a rekultivacemi). Je pravděpodobné, že potok pramení ve svahu východně od silnice kolem bývalého Dolu Barbora. V současnosti potok vytéká z jezera u kostela sv. Petra z Alkantary, pak prochází kolem odkališť závodu Důl Darkov a Dalkia Morava, teče rovnoběžným směrem k silnici č. II/472 z Ostravy do Karviné po její pravé straně. Tady původně ústil Karvinský potok do řeky Stonávky. Vlivem poklesů v jeho střední a horní části byly narušeny odtokové poměry, zatímco místo zaústění do Stonávky, které nebylo poklesy terénu v takové míře dotčeno, způsobovalo vzdutí a rozlivy. Proto byl potok v letech 1965-1966 přeložen (i z důvodu nutnosti odvodnit centrum Karviné II – Doly). Zaústění do Stonávky bylo zrušeno, tok byl převeden na druhou stranu silnice II/472, koryto bylo vedeno k severu přes části Sovinec a Kozinec obce Doubrava a zaústěno do řeky Olše v úrovni dnešního ř.km 1,65 na Karvinském potoce. Koryto je v tomto úseku výrazně zahloubeno do štěrkopísků fluvialní terasy Olše (až 6,5 m); místy zasahuje až do předkvartérního podloží, takže po vybudování přeložky došlo ve studnách v okolních domcích k výraznému poklesu vody ve studnách. Tento stav vydržel až do doby výstavby jezu v sedmdesátých letech na Olši a zřízení odběrného místa vody pro Dětmarovickou tepelnou elektrárnu (EDĚ), kdy bylo koryto potoka prodlouženo po levé bermě Olše a zaústěno až pod odběrným místem. To bylo nutné právě z důvodu, že Karvinský potok odvádí do Olše důlní vody a nepříznivě by ovlivňovalo kvalitu vody v Olši, kterou odebírá EDĚ. Tento úsek prodloužení potoka už není tak zahlouben do profilu štěrkopísků, jako úsek od původního soutoku Karvinského potoka se Stonávkou po ř. km 1,65; je mělký a je zatěsněný. Zatěsnění mělo zabránit průniku znečištění z koryta do podzemní vody štěrkopísku a infiltraci do Olše. Ve výše položených starších úsecích těsnění není; je to jednak dáno menším důrazem na ochranu kvality vody v době výstavby a taky převážně drenážním účinkem potoka vlivem jeho zahloubení (Malucha et al., 2008).

I po přeložení koryta docházelo v území, kterým potok prochází, k poklesům terénu a k následnému vybřežení potoka mimo koryto i přes jeho výrazné zahloubení. K tomu docházelo v místní části Sovinec v sousedství odkališť Dolu ČSA a dnes především na Kozinci. Poklesy až 8 m vedly k vytvoření poklesového jezera – viz kapitola 3.1.2.

Celý Karvinský potok od ústí po pramen (délka kolem 8 km) je ve správě Povodí Odry. Jeho průměrný průtok „Qa“ je cca 200 l.s<sup>-1</sup> (viz tabulka 2).

**Olše** tvoří hlavní odvodňovací bázi území. Je ve správě Povodí Odry, a.s. Obtéká zájmové území po jeho východním okraji. Je specifická především ze dvou hledisek: má velmi rozkolísaný průtok (rozkyv měsíčních průměrů 2,5-30 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>; rozkyv denních průtoků 1,5-130 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>) a zároveň dobrou schopnost vyrovnávat deprese (např. vzniklé poddolováním) ve svém dně zanášením šterkem. Průměrný průtok „Qa“ v řece na soutoku s Petrůvkou (ř.km 12,8, úsek přilehlý k zátopě Kozinec ) je cca 11 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Tato hodnota však je velmi významně ovlivněna extrémními povodňovými stavy (viz tabulka 2). Průměrný průtok „Qa“ v ústí řeky (ř.km 0,0) je 14 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

V minulosti bylo koryto Olše několikrát přeloženo. Její původní koryto meandrovalo pod hranu vyšší terasy do míst současných maximálních poklesů na Kozinci – viz obrázek 14 v příloze 5 (fotodokumentace).

Řeka Olše je dnem svého koryta zaříznuta do šterkopísků, místy i pod jejich bázi (do miocenních jílu), takže mezi řekou a kvartérní zvodní existuje relativně přímá hydraulická spojitost. V příbřežní zóně Olše dochází v nezakolmatovaných úsecích ke střídání dotačního a drenážního režimu. Olše je ve srovnání s Karvinským potokem drenážní bázi vyššího řádu. V místě bývalého propojení Karvinského potoka a Olše (ř.km 1,65 na Karvinském potoce), je hladina potoka o cca 2 až 2,5 m výše (Malucha, 1999).

V tabulce 2 uvádím podle Průvodních listů útvaru povrchových vod Plánu oblastí povodí Odry vybrané hydrologické údaje pro Stružku v profilu Rychvald - ř.km 4,595, Karvinský potok v ústí - ř.km 0,0 (před soutokem s Olší) a pro Olši v místě soutoku s Petrůvkou - ř.km 12,8 (úsek Olše mezi soutoky se Stonávkou a Petrůvkou přiléhá ke Karvinskému potoku a zátopě na Kozinci).

Tabulka 2: dlouhodobý průměrný průtok ( $Q_a$ ) a vybrané M-denní ( $Q_{Md}$ ) a N-leté ( $Q_N$ ) průtoky

vod. útvar	$Q_a$	$Q_{30d}$	$Q_{90d}$	$Q_{180d}$	$Q_{330d}$	$Q_{355d}$	$Q_{364d}$	$Q_1$	$Q_5$	$Q_{20}$	$Q_{100}$
	l.s <sup>-1</sup>							m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>			
Stružka	<b>305</b>	791	332	147	30	14	6,1	6,54	15,2	25,8	42,0
Karvin. p.	<b>207</b>	333	229	183	116	102	57	5,42	15,0	25,2	38,9
Olše	<b>11 200</b>	26 600	13 500	7 150	2 210	1 380	830	159	353	567	865

## 4. Charakteristika důlních vod OKR

### 4.1. Zdroje důlních vod

Jak uvádí např. Dvorský et al. (2006) nebo Malucha et al. (2008), důlní vody v oblasti hornoslezské pánve se vyznačují vysokou salinitou s převahou iontů  $\text{Na}^+$  a  $\text{Cl}^-$ . Tyto vody jsou čerpány z dolů na povrch a po předčištění v sedimentačních jímkách jsou zpravidla vypouštěny přímo do vodotečí. Vysoké obsahy rozpuštěných látek (zejména RAS – rozpuštěných anorganických solí) jsou jednou z hlavních příčin zhoršené kvality povrchových vod.

Mezi přírodní zdroje důlních vod patří vody povrchové, vody kvartérních zvodní (fluviální terasové štěrkopísky Odry a Ostravice), vody zvodní třetihorního (spodnobadenského) pokryvu karbonu (písčité polohy v převážně pelitické facii třetihor a dále štěrkopísčité a písčité bazální klastika spodního badenu, tzv. detrit, které jsou nasyceny fosilní mořskou vodou) a vody hlavně puklinových systémů svrchního karbonu.

Prosté podzemní vody jsou přechodného  $\text{Ca-Mg-HCO}_3\text{-SO}_4$  typu a v minulosti byly často (dnes již omezeně) využívány k vodárenským účelům. Chemismus kvartérních vod je silně proměnlivý vzhledem k nízkým celkovým mineralizacím (cca 200 až 300  $\text{mg.l}^{-1}$ ). Převažujícími ionty jsou vápník, sodík, bikarbonáty nebo v OKR rozšířené sírany (vliv hlušin deponovaných na povrchu terénu). Prosté vody pronikají do karbonu jen v místech přímých výchozů karbonu na povrch (tzv. karbonská okna) nebo tam, kde je karbon v kontaktu s kvartérními zvodněmi nebo přímo s řekami. To je hlavně na soutoku řek Odry a Ostravice (Hrušov), kde dosedá kvartérní vodonosný kolektor přímo na karbonské pohoří a na soutoku Ostravice a Lučiny, které tady tečou po karbonských horninách (Malucha et al., 2008).

Hlavním zdrojem slaných vod je tzv. detrit. V OKR je hydrogeologickou strukturou prvního řádu, která má pro zatápění dolů - spolu s vodami povrchovými a kvartérními - hlavní roli. Hydrochemicky se jedná o vody typu  $\text{Na-Cl}$  se silně proměnlivou mineralizací 10-30  $\text{g.l}^{-1}$ , syčené  $\text{CH}_4$ . Voda detritu je fosilní mořská voda, která v třetihorách (v době alpských horotvorných pochodů) pronikla od jihu (dnešní Středozemní moře) přes prostor dnešního OKR až na polské území. Kromě detritu existují ještě další, podružnější kolektory fosilních mořských vod, které se nacházejí v třetihorním pokryvu v nadloží

karbonu. Ty jsou písčitého charakteru. Vody mají zvýšený obsah jodidů a bromidů organického původu a mají i balneologické využití - jsou to tzv. jodobromové vody (Lázně Darkov, a.s. v Karviné a Sanatoria v Klimkovicích u Ostravy-Poruby).

Třetihorní pokryv je hlavně jílovitý (má tedy izolátorské vlastnosti) a kolektory byly uzavřeny v jílovitých sedimentech. Při hornické činnosti ale dochází k porušení těsnosti karbonských hornin, porušení dosahuje až k reliéfu karbonu a slaná voda z třetihorních zvodní proniká do důlních prostor. Odtud se pak musí čerpat na povrch a vypouštět jako součást důlních vod (Dvorský et al., 2006, Malucha et al., 2008).

Mezi umělé zdroje důlních vod patří vody, které se používají k provozním účelům při důlní činnosti, které jsou přiváděny do dolu z povrchu. Části těchto vod, spolu s vodami z hydrogeologických zdrojů, se můžou zdržovat ve starých důlních dílech, kde se jim silně mění chemismus produkty zvětrávání. Chemismus těchto vod je ovlivněn i dobou zdržení a rychlostí průtoků důlních vod starými důlními díly.

V případě činných dolů je důlní voda tvořena směsí fosilních slaných mořských vod a vod provozních, které jsou naopak sladké. Výsledná směs je tedy ředěná a dosahuje koncentrace chloridů v úrovni 5-6 g.l<sup>-1</sup>. Na druhou stranu je produkce množství důlních vod vyšší. V případě důlních vod z uzavřených dolů (ostravská a petřvaldská část OKR) chybí podíl provozních vod a množství důlních vod je o to nižší. Z pohledu koncentrací chloridů je důležité, jestli se jedná o ostravskou nebo petřvaldskou část OKR. Ostravská část je charakteristická průnikem sladkých vod z povrchu (kvartérní zvodně, řeky) a tak dochází k ředění důlních vod (koncentrace chloridů i v době činností zdejších dolů byla nižší, než v případě petřvaldských nebo karvinských dolů). Dnes se důlní voda z ostravské části revíru čerpá vodní jámou Jeremenko a koncentrace chloridů dosahuje cca 4 g.l<sup>-1</sup>. V případě Vodní jámy Žofie v Petřvaldě, kde se čerpá voda z petřvaldské části OKR, je koncentrace chloridů cca 6,5 g.l<sup>-1</sup>.

#### **4.2. Voda Vrbické stružky tekoucí přes DNH do Odry, Korunka**

Voda Vrbické stružky je směsí vod povrchových, odtékajících přirozeně tímto recipientem, odpadních vod převážně komunálního původu a důlních vod z Vodní jámy Žofie (petřvaldská část OKR) a lokalit Lazy a Doubrava závodu Důl Karviná (karvinská část). Charakteristika vodoteče je v kapitole 3.2.

Podíl důlních vod je na dlouhodobém průměrném průtoku cca 25 %. Při extrémních minimech, ke kterým podle statistiky dochází 1x za rok, může podíl narůst až přes 90 %. U povodňových stavů je podíl důlních vod minimální (do 1 %) a z hlediska ředění se těmito stavy nemá smysl zabývat.

Do Stružky je v současné době vypouštěno cca  $100 \text{ l.s}^{-1}$  důlních vod s těmito koncentracemi rozpuštěných anorganických solí (RAS; tabulka 3):

Tabulka 3: vypouštění důlních vod do Stružky – současnost (2013)

provoz	Q ( $\text{l.s}^{-1}$ )	prům. konc. RAS ( $\text{mg.l}^{-1}$ )	RAS ( $\text{t.rok}^{-1}$ )
DIAMO, Vodní jáma Žofie	38	10 000	12 000
závod Důl Karviná, lokalita Lazy	18	7 400	4 200
závod Důl Karviná, lokalita Doubrava	44 (*)	11 000	15 300
CELKEM	cca 100	10 000 (**)	cca 31 500

(\*) v předchozích letech bylo množství cca do  $20 \text{ l.s}^{-1}$

(\*\*) výpočet ze směsné rovnice

V tabulce 4 je příklad chemismu vody ze Stružky (odběr vzorků před nátokem do DNH) podle analýz, které prováděl Green Gas DPB, a.s. pro svou potřebu v rámci svých činností souvisejících s dávkováním. Rozsah analyzovaných parametrů se během doby výrazně omezil; v poslední době se analyzují jen chloridy (podle provozního řádu).

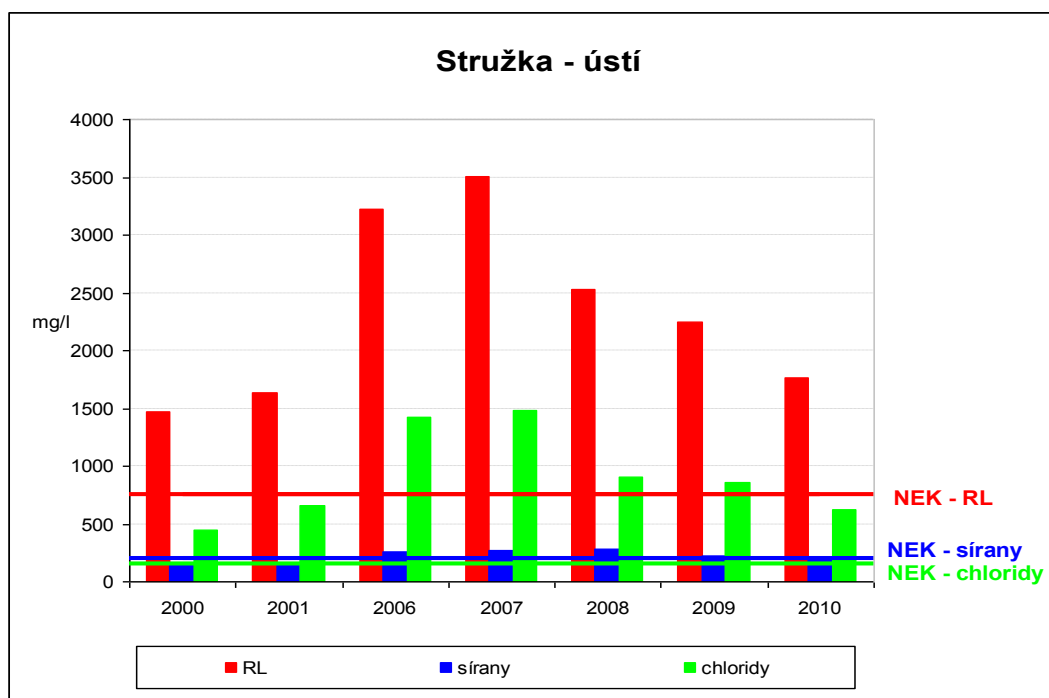
Tabulka 4: chemismus vody Vrbické stružky (data Green Gas DPB, a.s.)  
(koncentrace v  $\text{mg.l}^{-1}$ , vodivost v  $\text{mS.cm}^{-1}$ )

datum	RL 105°	RAS	vodivost	Cl	SO <sub>4</sub>	Fe
6/2008	3 400	-	7,4	2 350	179	0,15
6/2009	3 600	-	5,5	1 560	194	0,14
10/2009	-	3 500	-	1 820	170	-
6/2010	-	1 000 *	-	425	-	-
10-12/2011	-	2 100 - 3 200	4,1 - 6,5	1 070 - 2 000	176 - 253	-
9/2012	-	500 - 3 800 *	1,7 - 8,2	292 - 2 610	-	-
5/2013	-	2 200 *	-	1 190	-	-
3/2014	-	-	-	2 070	-	-

\* odhad dle koncentrace chloridů

Z provedených hydrochemických analýz plyne, že voda ve Stružce před DNH vykazuje velmi nevyrovnané hodnoty RAS v širokém rozmezí, obvykle od cca 1 000 do 3 800 mg.l<sup>-1</sup>; v průměru 2 400 mg.l<sup>-1</sup>. Jedná se tedy o slabě mineralizovanou sodno-chloridovou vodu. Ojediněle (při vysokých vodních stavech) ale může mineralizace vody ze Stružky vtékající do DNH klesnout i na méně než 500 mg.l<sup>-1</sup>.

Na obrázku 5 jsou zpracovány výsledky monitoringu Stružky za období let 2000 – 2010 podle dat Povodí Odry, a.s. Uvedené koncentrace se vztahují k průtoku 0,370 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Je patrné, že u Stružky je problém se vyrovnat s požadavky legislativy, a to z důvodů její malé vodnosti, i když pozitivně působí vliv dávkovací nádrže Heřmanice, která snižuje celkové zasolení zhruba na polovinu.



Obrázek 5: kvalita vody ve Stružce ve vybraných ukazatelích  
(zdroj: Povodí Odry, a.s.)

Další vodotečí, zaústěné do DNH, je potok Korunka. Jeho mineralizace je na úrovni cca 600 mg.l<sup>-1</sup> (akratopegi – asi projev odpadních vod z Heřmanic); chloridy dosahují hodnot do 100 mg.l<sup>-1</sup>.



### 4.3. Voda Karvinského potoka tekoucí přes Kozinec do Olše

I voda Karvinského potoka je směsí vod povrchových, odtékajících přirozeně tímto recipientem, a důlních vod z důlních závodů Důl ČSM, Důl Darkov a Důl Karviná, lokalita Jan-Karel. Charakteristika vodoteče je v kapitole 3.2.

Podíl důlních vod je na dlouhodobém průměrném průtoku cca 45 %. Do Karvinského potoka je v současné době vypouštěno cca  $81 \text{ l.s}^{-1}$  důlních vod s těmito koncentracemi rozpuštěných anorganických solí (RAS; tabulka 5):

Z dlouhodobého vývoje vyplývá, že salinita důlních vod vypouštěných do Karvinského potoka se v poslední době zvyšuje. Je to způsobeno měnícím se chemismem důlních vod, které obsahují i důlní vodu z bývalého dolu KWK Morcinek (odvodňováno prostřednictvím závodu Důl ČSM). Tento projev se částečně eliminuje převáděním většího množství důlních vod do Doubravské stružky.

Tabulka 5: vypouštění důlních vod do Karvinského potoka – současnost (2013)

provoz	Q ( $\text{l.s}^{-1}$ )	prům. konc. RAS ( $\text{mg.l}^{-1}$ )	RAS ( $\text{t.rok}^{-1}$ )
závod Důl ČSM	60 *	23 000	43 500
závod Důl Darkov	16 *	20 000	10 100
závod Důl Karviná, lokalita ČSA	5 *	11 000	1 700
CELKEM	cca 81	21 700 **	cca 55 300

\* v předchozích letech bylo množství cca  $30 \text{ l.s}^{-1}$  (u ČSA nyní ve prospěch Doubravy – viz tabulka 3)

\*\* výpočet ze směsné rovnice

V tabulce 6 je příklad chemismu vody z Karvinského potoka (odběr vzorků za posledním přítokem důlních vod) podle analýz, které prováděl Green Gas DPB, a.s. v rámci hydrochemického monitoringu v oblasti Kozinec. První vzorkovací řada v roce 2006 obsahovala širší spektrum látek než následný monitoring.

Ze starších i aktuálních hydrochemických analýz vyplývá, že voda v Karvinském potoce před zátopou na Kozinci vykazuje cca 2 200 až 9 000  $\text{mg.l}^{-1}$  RAS; v průměru 4 600  $\text{mg.l}^{-1}$ . Jde tedy o slabě až středně mineralizovanou sodno-chloridovou vodu (ČSN 86 8000). Zároveň je v poslední době vidět růst mineralizace (dané koncentrací

NaCl). To je způsobeno výše zmíněným odvodňováním zatopeného polského dolu KWK Morcinek prostřednictvím závodu důl ČSM.

*Tabulka 6: chemismus vody Karvinského potoka (data Green Gas DPB, a.s.)  
(koncentrace v mg.l<sup>-1</sup>, vodivost v mS.cm<sup>-1</sup>)*

<b>Datum</b>	<b>RL 105°C</b>	<b>RAS</b>	<b>vodivost</b>	<b>Cl</b>	<b>SO<sub>4</sub></b>	<b>Fe</b>
2006	3 500 - 4 400	2 900 - 3 700	5,7 - 6,6	1 560 - 1 910	209 - 223	0,1
2007	-	2 400 - 3 900	5,1 - 7,2	1 300 - 2 090	245 - 331	-
2008	-	-	7,4 - 7,9	2 280 - 2 490	-	-
2009	-	2 150 - 4 200	4,8 - 9,1	1 220 - 2 790	-	-
2010	-	-	5,8 - 7,2	1 710 - 2 210	-	-
2011			5,9 - 9,9	1 680 - 2 940	-	-
2012	-	-	8,7 - 10,9	2 810 - 3 770	-	-
2013	6 500 - 9 500	až 9 000 *	10,0 - 12,8	3 340 - 4 860	220 - 227	-

\* odhad dle koncentrace RL 105oC

## 5. Vlastnosti chloridů, jejich rizikovost

Chloridy jsou soli kyseliny chlorovodíkové (HCl). Jejich nejznámějším zástupcem je chlorid sodný (NaCl). Chlór v nich zaujímá podobu ionu Cl<sup>-</sup>. Chloridy se většinou velmi dobře rozpouští ve vodě.

Jak uvádí např. Pitter (2009), sloučeniny chloru jsou sice poměrně rovnoměrně rozloženy v půdě a horninách, ale jen v malých koncentracích v průměru 10-500 mg/kg, což je podstatně méně, než vápníku, hořčíku, sodíku, draslíku a sloučenin síry). Zvětráváním a vyluhováním přecházejí do vody. Nejvyšší výskyt chloridů je v lokalitách s výskytem ložisek kamenné soli, draselných solí a v přímořských oblastech. Jistá množství chloridů se také dostávají do atmosféry v rámci vulkanické činnosti a přirozených lesních požárů.

Z toho vyplývá, že mnou hodnocené území nemá předpoklad ke zvýšenému přirozenému výskytu chloridů ve vodách. Pitter (2009) uvádí, že v povrchových a prostých podzemních vodách dosahují koncentrace chloridů obvykle jednotek až desítek mg.l<sup>-1</sup>.

Významným zdrojem chloridů je ale antropogenní činnost. Člověk vyloučí v moči cca 9 g chloridů za den, které se dostávají do splaškových vod (Pitter, 2009). Obdobně i močůvka je charakteristická vysokou koncentrací chloridů. Dalším zdrojem je i zimní solení vozovek nebo odpadní vody z průmyslu, používajícího chlorid sodný nebo kyselinu chlorovodíkovou (MŽP ČR, 2014a [online]). Chlor je jedna z nejvýznamnějších surovin chemického průmyslu, hodně využívaná například při výrobě chlorovaných plastických hmot jako například PVC. Chlorid sodný je dále využíván jako změkčovač vody v průmyslu i v domácnostech, například do myček nádobí, při průmyslových procesech, kde chloridy vznikají jako odpady (jde například metalurgii, pokovování nebo elektrotechniku), v potravinářství (solení produktů, odpady z potravinářského průmyslu – solné roztoky); chloridy se do životního prostředí uvolňují i ze špatně zajištěných skládek odpadů a elektrárenských popílků. Také spalování uhlí představuje významný antropogenní zdroj chloridů, ale díky progresivním opatřením se v posledních letech takto uvolňovaná množství snižují.

### **Dopady na životní prostředí**

Obecně lze o chloridech říci, převážně chloridu sodném a draselném, že většina rostlin i živočichů má značnou toleranci k jejich vyšším koncentracím (MŽP ČR, 2014a [online]). Tato tolerance má ale svou mez, která je u různých druhů různá. Po jejím překročení dochází k úhynům rostlin z důvodu vysoké salinity (solnosti). Názorný příklad představuje solení povrchů vozovek. Chlorid sodný užívaný k tomuto účelu se časem z vozovky smyje do okolní půdy, kde zvýší její salinitu. Rostliny přirozeně zde rostoucí, které mají nízkou míru tolerance vůči solím, mohou tedy uhynout, ale když jsou na tato místa nasazeny druhy rostlin žijící v bažinách a rašeliništích, které jsou na vyšší koncentrace solí v půdě adaptované, prospívají velmi dobře. Zasolování půd a vod je proto problémem, kterému je věnována velká pozornost. Může vést k úhynu živočichů a rostlin a ke změnám ve druhovém složení ekosystémů. Existují ale i živočichové, jako například lososi, kteří mají velmi dobře vyvinutý metabolismus a jsou schopni žít jak ve vodě slané, tak i ve vodě sladké.

Chloridy se jen málo adsorbují na zeminy a sedimenty, a proto migrují s povrchovými i podzemními vodami. Obrovské specifické problémy mají přímořské státy, které příliš využívají podzemní zdroje vod na pobřeží, kde pak dochází k postupu mořské

vody do pevninského horninového prostředí a znehodnocení sladkovodních zdrojů podzemní vody v příbřežních oblastech (MŽP ČR, 2014a [online]).

### **Dopady na zdraví člověka, ryby a obojživelníky**

Chloridy, zastoupené chloridem sodným, jsou pro člověka nezbytnou složkou potravy, bez které lidský organismus není schopen správně fungovat. Na druhou stranu přílišné dávky solí mohou způsobit závažné poškození organismu. Chloridy ovlivňují chuť vody, mají vliv na klouby, což je dáno zvýšenou mineralizací, způsobují ledvinové a žlučnickové kameny a hypertenzi. Vyšší obsah nepříznivě ovlivňuje i korozivní účinek vody. Toxikologické vlastnosti běžně se vyskytujících chloridů však nejsou významné (Pitter, 2009, MŽP ČR, 2014a [online]).

Podle ústního sdělení bývalého správce DNH by sladkovodním rybám zvýšená salinita neměla vadit. Sladkovodní ryby běžně žijí v brakických pásmech (ústí řek do moře) a dokonce i částečně v moři (byly zaznamenány úlovky kaprů v Dunajské deltě až 50 km v moři). Zvýšená salinita může dokonce i prospívat zdravotnímu stavu ryb tím, že je zbavuje kožních parazitů. Na DNH nebyly zjištěny ani problémy s rozmnožováním a výtěrem ryb. Výjimkou je kulení plůdku u kapra. Většina kaprovitých ryb žijících v DNH (lín, karas, plotice, perlín, cejn velký) se kulí bez potíží, stejně jako okounovití (okoun, candát). Jedním z nenáročných druhů tolerantních i k brakickým vodám je např. karas obecný. Pouze u kapra byly správcem DNH za 32 let zaznamenány pouze 3–4 případy kulení plůdku. Podle jeho názoru má zvýšená salinita vody vliv na jikernou slupku (ztluštění). Tomu odpovídá i další informace, kterou rozvádím v závěru kapitoly 6, podle níž snášejí sladkovodní ryby bez větších problémů salinitu až ke 2 g.l<sup>-1</sup>. Tato koncentrace ale byla definována jako horní hranice pro život některých druhů ryb, ale ne pro bezproblémový chov; pro ten byla odhadnuta hodnota cca 1 mg.l<sup>-1</sup>.

Jiná situace ale je v případě obojživelníků. Jak plyne z materiálu Poláška et al. (2010), ionty chloridů sice nevadí rybám, ale mají negativní dopad na obojživelníky. Např. skokan ostronosý (*Rana arvalis*), u něhož je zájem na udržení v lokalitě Kozinec, se pravděpodobně není v takovém prostředí schopen rozmnožovat.

## 6. Legislativa využitá pro řešenou problematiku

Důlní vody jsou definovány v Horním zákoně č. 44/1988 Sb. o ochraně a využití nerostného bohatství. Podle § 40 tohoto zákona jsou důlními vodami všechny podzemní, povrchové a srážkové vody, které vnikly do hlubinných nebo povrchových důlních prostorů bez ohledu na to, jestli se to stalo průsakem nebo gravitací z nadloží, podloží nebo boku, nebo prostým stékáním srážkové vody, a to až do jejich spojení s jinými stálými povrchovými nebo podzemními vodami. Organizace nebo fyzické osoby, které v rámci své podnikatelské činnosti vykonávají vyhledávání, průzkum nebo dobývání výhradních ložisek nebo jinou hornickou činnost, jsou oprávněny vypouštět důlní vodu, kterou nepotřebují pro vlastní činnost, do vod povrchových nebo i podzemních. K této činnosti nepotřebují povolení k nakládání s vodami ve smyslu § 8, odstavec 3, písmeno f) zákona č. 254/2001 Sb. ve znění pozdějších novel – **vodního zákona**, to znamená, že ve smyslu § 38 tohoto zákona důlní vody nejsou vodami odpadními. Podle odst. 3 tohoto § ale každý, kdo vypouští důlní vody, tak může učinit pouze způsobem a za podmínek, které stanoví vodoprávní úřad rozhodnutím, přitom je ale kompetentní vydávat tato rozhodnutí dle § 107 odst. písmeno i) krajský úřad. Takový postup má zaručit, aby byly recipienty zatěžovány vypouštěnými důlními vodami v co nejmenší míře. Uplatňuje se tedy individuální přístup podle místních vodohospodářských podmínek a vždy se přihlíží k tzv. normám environmentální kvality (NEK), které jsou dány pro povrchové vody Nařízením vlády (NV) č. 23/2011 Sb. Pro důlní vody je charakteristický vysoký obsah chloridových iontů, síranových iontů a rozpuštěných látek vůbec (resp. RAS – rozpuštěných anorganických solí), tedy vysoká salinita. V tabulce 7 jsou pro tyto ukazatele NEK uvedeny:

Tabulka 7: NEK pro vybrané ukazatele

ukazatel	značka	jednotka	NEK – PR (průměrná hodnota)
rozpuštěné látky sušené	RL <sub>105</sub>	mg.l <sup>-1</sup>	750
rozpuštěné látky žíhané	RL <sub>550</sub>	mg.l <sup>-1</sup>	470
chloridy	Cl <sup>-</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	<b>150</b>
sírany	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	200

Tyto limity (pro ukazatele Cl<sup>-</sup>) jsem využívala v rámci své bakalářské práce (Maluchová, 2010), kde jsem sledovala koncentraci chloridů přímo v tekoucích vodách

cílových recipientů. Zároveň jsem zmínila i § 6 Vyhlášky MZe č. 98/2011 Sb. (O způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod, způsobu hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu povrchových vod), podle kterého je možné stanovit tzv. „mísicí zónu“. Zde mohou být příslušné normy environmentální kvality (NEK) překročeny, pokud ve zbývajících částech daného útvaru povrchových vod neovlivní dodržení těchto norem. Mísicí zóna se ale týká prioritních látek (podle přílohy č. 6 NV č. 23/2011 Sb.) a některých dalších vyjmenovaných látek (např. aldrinu, DDT, TCE, TTCE); pro chloridy vzhledem k jejich nízké rizikovosti mísicí zóna v místech vypouštění důlních vod není stanovena (informace Povodí Odry, s.p.). V minulosti (70. léta 20. století) byl z hlediska požadavku na kvalitu povrchových vod, do kterých byly vypouštěny vody odpadní, využíván i tzv. „odsunutý profil“ (Maluchová, 2010). Odsunutím profilu se využilo hlavně ředících schopností dalších přítoků. Samočistění se neuvažovalo; odsunutí hodnoceného profilu se nepoužívalo u vodárenských toků.

Pro téma diplomové práce jsem se snažila využít i jiných legislativních předpisů, protože vodní akumulace, kterými se zabývám, nejsou běžné recipienty pro vypouštění důlních vod. V případě DNH jde o účelovou nádrž, kam se sice důlní voda vypouští, ale překročení NEK se předpokládá, jak plyne z jejího účelu. Do nádrže Kozinec se zase důlní voda přímo nevypouští. Protože jde v obou případech zároveň o rybářský revír, prověřila jsem možnost využití Nařízení vlády 169/2006 Sb. ze dne 12. dubna 2006 (kterým se mění nařízení vlády č. 71/2003 Sb.) O stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů a o zjišťování a hodnocení stavu jakosti těchto vod. Na § 35 tohoto legislativního předpisu odkazuje příloha č. 3 NV č. 23/2011 Sb. pro vody kaprové i lososové. Ani v tomto případě nejsou k dispozici limity pro chloridy, sírany ani pro rozpuštěné látky, tj. pro ukazatele typické pro důlní vody OKR.

Oslovila jsem taky Fakultu rybářství a ochrany vod Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Tady mi doc. RNDr. Adámek Zdeněk, CSc. sdělil, že pro koncentraci chloridů v zarybněných vodách nejsou k dispozici žádné závazné limity. Dále mě informoval, že se obecně u sladkovodních ryb salinita nijak neřeší, protože bez větších problémů snášejí až ke dvěma gramům soli v litru vody. Koncentraci 2 g.l<sup>-1</sup> nicméně uvedl jako maximální horní hranici pro život některých druhů ryb, ale ne pro bezproblémový chov; pro ten uvádí cca poloviční hodnotu, tj. 1 g.l<sup>-1</sup>.

## 7. Možnosti měření koncentrace chloridů

### 7.1. Přímé měření

Chloridy můžeme měřit přímým způsobem, tj. pomocí analytických metod, určených pro chloridy, a to jak v „kamenné“ laboratoři, tak přímo v terénu (mobilní laboratoře, terénní ruční přístroje).

Měření chloridů (ale i dalších parametrů) přímo v terénu je obvykle spojeno s řadou komplikací a musí se aspoň do určité míry splnit některé (např. klimatické) podmínky. Dnes už jsou na trhu terénní přístroje, které umožňují relativně rychlé dosažení požadovaných výsledků. Většinou se jedná o multiparametrické terénní přístroje, které měří hlavně pH, vodivost, teplotu a rozpuštěný kyslík a s použitím rozšířeného příslušenství jde měřit i řada dalších parametrů – kromě chloridů např. i amonné ionty, dusičnany, rozpuštěné látky, redox potenciál (Ekotechnika, 2014 [online]). Výhodou je to, že máme výsledek k dispozici hned a na případné anomálie můžeme operativně reagovat např. dalším ověřovacím a upřesňujícím měřením. Tyto přístroje používá řada institucí a firem, např. Akademie věd ČR, ČVUT v Praze, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, OVaK, a.s., Povodí Labe, Moravy, Odry, Ohře, Vltavy, Slovenská technická univerzita v Bratislavě, SmVaK Ostrava, Vysoké učení technické v Brně, Výzkumný ústav vodného hospodářstva Bratislava, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, ...

Analýza v laboratoři má dostatečnou spolehlivost a v terénu jí předchází jen odběr vzorku vody a transport do laboratoře (i tyto úkony je nutno provést za dodržení určitých předepsaných postupů). Stanovení chloridů lze provádět titračně; v laboratoři Labtech, s.r.o. (bývalé laboratoře mého zaměstnavatele Green Gas DPB, a.s.) se analýza provádí chromatograficky (MŽP ČR, 2014 b [online]). Např. pro odpadní vody byla v 11/1998 vydána norma ČSN EN ISO 10304–2 (75 7391) Jakost vod – Stanovení rozpuštěných aniontů metodou kapalinové chromatografie iontů – Část 2: Stanovení bromidů, chloridů, dusičnanů, dusitanů, orthofosforečnanů a síranů v odpadních vodách (11/1998). Pracovní rozmezí uvedené analytické metody pro stanovení chloridů je 0,1 mg/l až 50 mg/l. Tohoto pracovního rozmezí lze dosáhnout vhodnou předúpravou vzorku (například ředěním). Dělení iontů kapalinovou chromatografií probíhá na dělicí koloně. K detekci se používá vodivostní nebo UV detektor. Absorpce procházejícího světla se pomocí UV detekce měří

bud' přímo, nebo se měří pokles základní absorpce vyvolaný mobilní fází absorbující UV záření. Koncentrace jednotlivých aniontů se vyčíslí po kalibraci celého postupu.

Nevýhodou stanovení v laboratoři je doba čekání na výsledek a cena za analýzu (vč. přípravy vzorku, archivace, skartace: 220,- Kč dle ceníku Labtech s.r.o. pro rok 2013).

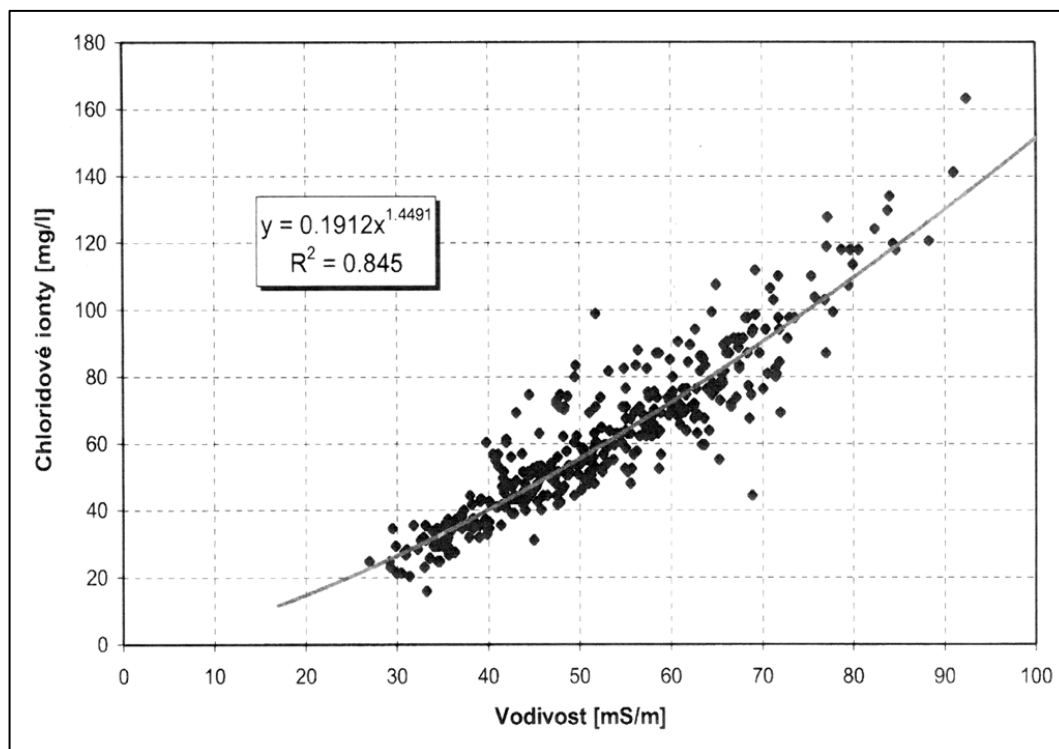
## 7.2. Nepřímé měření

Využíváme definované závislosti 2 parametrů a měřením jednoho z nich zjistíme hodnotu druhého. V případě chloridů jde využít výrazné elektronegativity chloridového anionu, jehož přítomnost významně ovlivňuje elektroodporové vlastnosti rozpouštědla, v němž je rozpuštěn, tj. v našem případě důlních vod. Je to známá věc, která se dá předvést např. na školním pokusu, kdy se svítivost žárovky zapojené v obvodu, vedeného přes kádinku s destilovanou vodou, zvyšuje s přidáváním kuchyňské soli do vody.

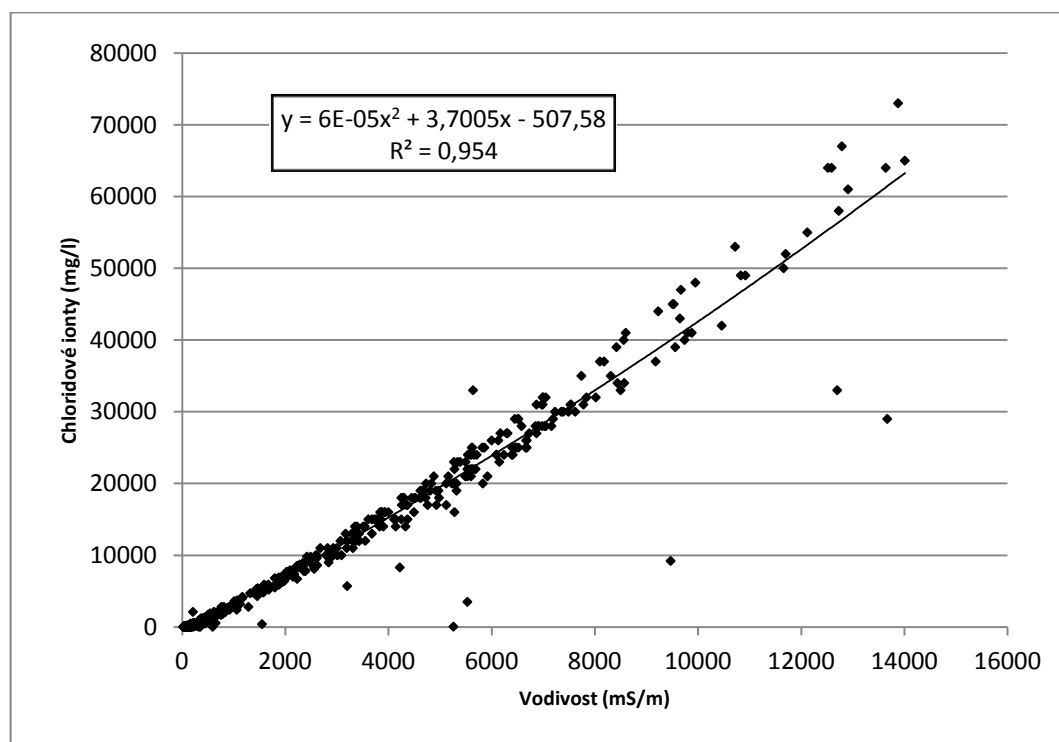
Základem pro měření je znalost závislosti koncentrace obou parametrů. Měřením vodivosti, což je stanovení finančně, časově i metodicky jednodušší než analýza chloridů, pak graficky (křivka závislosti chloridů na vodivosti) nebo přepočtem (při znalosti rovnice regrese, popisující křivku závislosti) zjistíme koncentraci chloridů. Základní nevýhodou této metody je nižší přesnost výsledku, i možnost hrubé chyby, pokud je vodivost vody významně ovlivněna i výskytem dalších iontů. Proto je důležité použít příslušnou závislost jen pro ten typ vody, pro který byla konstruována a dále ji využívat tehdy, pokud nemáme tak vysokou náročnost na výsledek, a jde spíše o kvalifikovaný odhad koncentrací. Křivka závislosti musí být dále sestavena z co nejvyššího počtu dat a musí mít co nejvyšší hodnotu spolehlivosti ( $R^2$ ). Tuto metodu používá např. podnik Povodí Odry, s.p. pro odhad koncentrace chloridů v Odře. Na obrázku 6 uvádím tuto křivku pro profil v Bohumíně, včetně předvolených hodnot konduktivity a výsledného výpočtu koncentrace chloridů pro tyto hodnoty. Křivku jsem převzala z provozně-manipulačního řádu Dávkovací nádrže v Ostravě-Heřmanicích (Povodí Odry, 2008).

Dále jsem si zkonstruovala vlastní křivku (obrázek 7), kdy jsem využila výsledků analýz důlních vod, prováděných a vyhodnocovaných na Green Gas DPB, a.s. Oba parametry – chloridy i vodivost – jsou určeny laboratorně.





Obrázek 6: párová závislost parametrů chloridy a vodivost pro Odru (podle Povodí Odry, 2008)



Obrázek 7: párová závislost parametrů chloridy a vodivost podle analýz důlních vod

Ze srovnání obou obrázků je vidět, že vyšší spolehlivost má křivka konstruovaná ze vzorků důlních vod ( $R^2 = 0,954$ ) než křivka pro Odru ( $R^2 = 0,845$ ). Vysvětluje se to tím, že v důlních vodách je přítomnost Na-Cl dominantní, kdežto v Odře je přítomnost dalších „rušivých“ iontů. Na druhou stranu to potvrzuje dobrou použitelnost měření konduktivity pro stanovení chloridů pro důlní vody.

Stejně jako v případě mé bakalářské práce jsem počítala s využitím křivky, resp. vzorce, podle Povodí Odry, s.p. Z rozboru dosažených výsledků ale vyplynula nutnost použití obou výpočtových vztahů. bližší komentář je obsažen v kapitole 11.

## 8. Volba techniky a metod použitých pro měření a zpracování dat

### 8.1. Konduktometr

Pro terénní měření konduktivity jsem využila přístroj METTLER TOLEDO typ CHECKMATE CM 90. Přístroj mi zapůjčil můj zaměstnavatel.

Je to mikroprocesorem řízený přístroj, který umožňuje měřit pH, konduktivitu (s možností okamžitého přepočtu na TDS – koncentraci celkových rozpuštěných látek) a rozpuštěný kyslík a zároveň je schopen měřit teplotu testované kapaliny. Já jsem ho využila jen pro měření konduktivity a teploty vody.

Rozsah, citlivost a přesnost parametrů jsou tyto (tabulka 8):

Tabulka 8: parametry použitého konduktometru

parametr	rozsah	citlivost	přesnost
konduktivita	0 uS - 19,99 uS	0,01 uS	+ - 0,5 %
	20 uS - 199,99 uS	0,1 uS	
	200 uS - 1999 uS	1 uS	
	2 mS - 19,99 mS	0,01 mS	
teplota	-0,5 °C - 100 °C	0,1 °C	neuvádí se



## 8.2. Přístroj GPS

Pro dokumentaci místa (polohopisu) měření jsem využila přístroj GPS GARMIN typ GPSMAP 60CSx. Přístroj mi zapůjčil můj zaměstnavatel.

Tento přístroj má extrémně citlivý GPS přijímač SiRF III. Je vhodný pro všestranné použití a je „outdoorového“ typu. Generace GPS přijímače chipset SiRF III společně s tyčkovou anténou zajišťuje mimořádnou citlivost GPS přístroje. Přístroj přijímá GPS signál i v místech, kde by běžný GPS přijímač nefungoval.

Podle údajů na displeji jsem pracovala s přesností 3 m. Výsledné souřadnice byly přepočteny do Křovákova systému JTSK a vyneseny do digitalizovaných katastrálních map, kde vizuální kontrola potvrdila vysokou přesnost snímání pozičních souřadnic přístrojem GARMIN GPSMAP 60CSx.



## 8.3. Ponorné vzorkovací čerpadlo Gigant

Pro odběr vzorků vody z hloubky jsem použila malé ponorné odstředivé čerpadlo GIGANT. Přístroj mi zapůjčil můj zaměstnavatel.

Čerpadlo je napájené z akumulátoru 12 V. Je z velmi odolného ABS pouzdra a vrtulky z nerez oceli. Odstředivé síly tlačí vodu ABS pouzdrem (okolo motoru do hadice, připojené k horní části pouzdra čerpadla). Čerpadlo se obvykle používá pro odběry vody z vrtů (o průměru větším než 38 mm). Výkon čerpadla je až  $8 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ . Výtlačná výška čerpadla je 10 m a lze ji až z trojnásobit, zapojením více čerpadel do kaskády (série). Toto zapojení jsem nepotřebovala, protože maximální hloubka zátopy na Kozinci je cca 8 m a odběr jsem prováděla maximálně ze 7 m (níže byla vysoká příměs kalu).



#### 8.4. Elektrokontaktní hladinoměr G-10

Tento přístroj jsem použila pro měření hloubky vodních nádrží. Přístroj mi zapůjčil můj zaměstnavatel.

Hladinoměr je s opticko-akustickou signalizací. Zahrnuje plastový navíjecí buben (cívku), měřicí pásmo a sondu. V navíjecí cívce je elektronika vč. bateriového zdroje (3 tužkové baterie 1,5 V typu AA, u starších typů plochá baterie 4,5 V), signalizační diody a reproduktorku. Měřicí pásmo je z bílého plastu se dvěma zalisovanými ocelovými lanky. Dělení je v cm a značení dm je v barvě černé; označení metrů v barvě červené. Měřicí sonda je z korozivzdorného materiálu o průměru 16 mm, s odšroubovatelnou zátěžkou a s možností jejího nahrazení nástavce pro měření hloubky dna. Dotyk měřicí sondy s hladinou vody je signalizován blikáním indikačních svítivých diod a současně zazní akustický signál. Požadovaná minimální měrná vodivost vody je  $50 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Při použití nástavce pro měření hloubky vrtu je indikován dotyk sondy s hladinou vody blikáním svítivých diod a současně akustickým signálem, dosednutí sondy na dno indikuje zhasnutí svítivých diod a utichnutí signálu.



#### 8.5. SOP pro laboratorní stanovení chloridů a konduktivity

Laboratorní analýzy provedla akreditovaná laboratoř LABTECH, s.r.o. Brno, pracoviště v Paskově. Číslo akreditace ČIA je 1147. Obě zkoušky jsou akreditované. Nejistota měření pro chloridy je 15 %, pro konduktivitu je 1 %.

Standardní operační postupy použité pro analýzy byly tyto:

- chloridy: SOP 10 ČSN EN ISO 10304 – 1,2. Stanovení je provedeno metodou iontové chromatografie s vodivostním detektorem, přístrojem DIONEX IC2000 nebo IC90 (USA).
- elektrická konduktivita: SOP 12 ČSN EN 27888. Stanovení je provedeno konduktometrem značky ORION 160 (USA).

## **8.6. Popis použitého SW**

Text bakalářské práce včetně tabulek a grafů jsem zpracovala v prostředí MS Office.

Interpolace měřených hodnot a jejich grafické vyjádření jsem provedla pomocí programu Surfer 8. Je to jednak nástroj pro 2D i 3D prezentaci dat a také pro jejich interpolaci.

Interpolovala jsem metodou krigingu v síti 10x10 m a výsledek jsem zobrazila ve formě mapy izoliní a „image map“.

Přípravu mapových podkladů (katastrálních map) pro přílohy jsem provedla v grafickém SW Auto CAD 2007.

## **9. Popis terénního měření**

Pro vyhodnocení využívám následující 4. řady měření – 2 na DNH a 2 na Kozinci:

- DNH 19.5. a 21.5.2011: měření 19.5.2011 na hladině a na 2 místech zonálně do hloubky, provedené z lodi pracovníky Green Gas DPB, a.s., které jsem následně doplnila po obvodu nádrže 21.5.2011.
- DNH 9.10. a 10.10.2013: vlastní měření na hladině z lodi a po obvodu hladiny.
- Kozinec 6.9. až 8.9.2013: vlastní měření po obvodu hladiny, na hladině a na 5 místech zonálně do hloubky.
- Kozinec 1.3.2014: vlastní měření na 8 místech na hladině a zonálně do hloubky a orientačně po obvodu hladiny.

### **9.1. Klimatické poměry v době provádění terénních prací**

Základ mé práce je postaven na dokumentaci ředění důlních vod, vypouštěných nebo filtrujících do DNH a zátopy Kozinec. Míra ředění závisí na klimatické situaci v době měření, i když tento faktor není tak závažný, jako při sledování ředění důlních vod přímo v tekoucích vodách (Maluchová, 2012). Průtok vody ve Stružce (DNH) a hlavně v Karvinském potoce (Kozinec) je silně ovlivňován produkcí důlních vod, která je nezávislá na klimatu. Klimatický faktor se ale projevuje na velikosti přítoku podzemních vod do obou vodních nádrží, na množství vody v potoce Korunka (přítok sladké vody do DNH) a na ředění důlní vody ve Stružce na vstupu do DNH, protože mezi DNH a místy

vypouštění důlních vod do Stružky je 6 km (VJŽ) až 9 km (závod Důl Karviná - Doubrava). Ředění vody klimatickými vlivy není v případě Karvinského potoka tak významné, protože vzdálenost mezi místem vypouštění důlních vod (závody Důl Karviná - Jan-Karel, Darkov a ČSM) je pouze 1,5 km.

V tabulce 9 dokládám měsíční srážkové úhrny v roce 2011 ve stanici Havířov - Bludovice (zdroj: ČHMÚ, pobočka Ostrava-Poruba); tuto stanici jsem zvolila jako společnou pro obě zájmové lokality (nachází se cca ve stejné vzdálenosti od obou). Dále jsou zde uvedeny průměrné měsíční úhrny za období 1961-1990. Červeně jsou vyznačeny srážkové úhrny, které patří k době provádění měření. Pro měření na Kozinci v roce 2013 to je srpen, protože měření byla prováděna začátkem září, kdy ještě pokračoval srpnový srážkový deficit. V září 2013 byl vysoký srážkový úhrn způsoben několikadenními dešti až ve 2. dekádě tohoto měsíce; poté následoval další srážkový deficit v říjnu. Rovněž jsem ověřovala počasí podle In počasí (2014).

U vícedenních prací byl po celou dobu jejich provádění stejný charakter počasí.

Z tabulky 9 je vidět, že pouze první (jarní) měření na DNH v květnu 2011 proběhlo v období bohatém na srážky. Je ale nutno doplnit, že nadprůměrný srážkový úhrn v tomto měsíci byl způsoben velmi vydatnými dešti na počátku a na konci měsíce. Většina měsíce byla bezdešťová; od 16.5. do 26.5. bylo období slunečné a zcela beze srážek. Teplota vzduchu se pohybovala kolem 25 °C, tedy nad průměrem.

Tabulka 9: měsíční srážkové úhrny (srážky v mm; stanice Havířov Bludovice)

rok (období)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2011	34,9	23,9	31,1	48,9	<b>113,1</b>	129,8	224,5	114,7	26,2	44,4	0,5	21,6
2013	70,5	37,2	64,0	22,9	112,6	132,4	21,6	<b>41,9</b>	112,6	<b>21,6</b>	45,8	20,5
2014	26,4	<b>23,3</b>										
<b>1961-1990</b>	<b>35,7</b>	<b>39,8</b>	<b>37,3</b>	<b>58,1</b>	<b>100,7</b>	<b>103,9</b>	<b>113,4</b>	<b>99,5</b>	<b>68,5</b>	<b>47,9</b>	<b>54,7</b>	<b>36,6</b>

Letní měření 2013 na Kozinci i podzimní na DNH spadalo naopak do srážkově deficitního období. Mezi 4.9. a 8.9., kdy probíhalo měření na Kozinci, bylo bezesrážkové počasí a teplota vzduchu se pohybovala kolem 25 °C. Pak přišly vydatné deště, které částečně eliminovaly deficit z července a srpna, ale 3. dekáda září a první dekáda října, kdy

proběhlo měření na DNH, už byly opět srážkově podprůměrné; teplota dosahovala kolem 15 °C.

Vodní deficit trvá prakticky dosud, takže i poslední (zimní) měření počátkem března 2014 na Kozinci bylo provedeno ve srážkově deficitním období (závěr teplé zimy prakticky bez sněhu). Teplota vzduchu byla nadprůměrná a dosahovala až 13 °C.

Většina mého měření tedy probíhala v období dlouhého sucha, které trvalo od léta 2013 a bylo přerušeno jen už zmíněnými dešti ve 2. dekádě října 2013.

## **9.2. DNH**

### **9.2.1. Měření v květnu 2011**

Měření proběhlo ve 2 dnech. 19.5.2011 provedli pracovníci odboru hydrogeologie Green Gas DPB, a.s. měření konduktivity na hladině DNH z lodi (pramice Bolen, zapůjčeno od Rybářského svazu Rychvald). Kromě konduktivity byla v každém měřeném bodě zjišťována hloubka vody (hladinoměrem) a mocnost dnového sedimentu (zatlačení tyče). Toto měření bylo provedeno s cílem ověření technického a kapacitního stavu nádrže a efektivity ředění v rámci technicko-bezpečnostního dohledu, který Green Gas DPB, a.s. provádí na základě smlouvy s majitelem DNH (RPG). Pak jsem dne 21.5.2011 provedla měření konduktivity po obvodu nádrže. Teplota vody měřena nebyla.

Lokalizace míst měření je v příloze 2.1. Výsledky měření jsou obsaženy v příloze 4.1. a graficky zobrazeny na obrázcích 9 a 10. Hodnoty konduktivity a hloubky nádrže zjištěné měřením Green Gas přebírám se svolením svého zaměstnavatele.

Vlastní měření z lodi probíhalo tak, že jako první byla hladinoměrem G10 změřena hloubka vodního sloupce. Následně se v místě měření ve vodě opláchla elektroda konduktometru a byl proveden náběr vzorku vody do sklenice, ve které se konduktometrem změřila vodivost vody. Tento postup byl nutný proto, aby byla zajištěna homogenita vzorku. Měření probíhalo cca 15 vteřin, během kterých přístroj měří řadu hodnot a jako výsledek uvede průměr. Pro odběr vzorků vody z hloubky se využilo čerpadlo Gigant. Čerpadlo bylo napojeno na hadici s půlmetrovými značkami. Po zapuštění čerpadla do požadované hloubky (na základě předchozího měření hladinoměrem) bylo čerpadlo spuštěno (blízkost dna se projevila nasátím zakalené vody).

Po cca 10 vteřinách od zapnutí čerpadla se čerpanou vodou opláchla elektroda konduktoměru a sklenice a po jejím naplnění se stejným způsobem změřila konduktivita.

Po ukončení měření byla zaznamenána hodnota měřených parametrů a pozice měřeného místa se zadala do přístroje GPS. Následoval přesun na další měřené místo, kde jsem opět opláchla elektrodu a opakovala postup.

Z lodi bylo provedeno 43 měření na 41 bodech (Green Gas), po obvodu 22 bodů (měření po obvodu jsem provedla vlastními silami - vzorky 254-264 a 266-276). Na 2 místech z lodi byly provedeny i odběry vzorků od dna nádrže (bod 117: hloubka 1,3 m a bod 123: hloubka 1,1 m).

Dva vzorky byly změřeny mimo vlastní DNH – vzorek 275 je z přivaděče a 276 z odtokového kanálu za stavidlem. Celkem bylo změřeno 65 vzorků na 63 místech.

### **9.2.2. Měření v říjnu 2013**

Tato etapa rovněž proběhla během 2 dní, a to 9.10. a 10.10.2013. Měření jsem již prováděla výhradně pro účely diplomové práce, a to stejným způsobem, jako v květnu 2011, tedy převažovalo měření na hladině z lodi a po obvodu nádrže a na 2 místech i z hloubky. Rovněž metodika odběru vzorků a měření byla stejná. Navíc jsem ale měřila i teplotu vody; naopak neměřila jsem hloubku vodního sloupce.

Teplota vody na hladině jezera dosahovala průměrně 12 °C (7,8-12,4 °C) a byl znatelný vliv stínění vody vegetací i změny teploty vzduchu během dne.

Lokalizace míst měření je v příloze 2.2. Výsledky měření jsou obsaženy v příloze 4.2. a graficky zobrazeny na obrázku 11.

Dne 9.10.2014 proběhlo měření po obvodu jezera, kde jsem změřila celkem 43 bodů. Následující den jsem prováděla měření z lodi, a to na 53 bodech, z toho na 2 bodech jsem měřila i na vzorcích z hloubky (bod 417: hloubka 1 a 1,3 m, bod 452: hloubka 1,2 m), tj. celkem 56 vzorků z lodi. V celé sérii jsem provedla 99 měření na 96 bodech.



### **9.3. Poklesová zátopa Kozinec**

#### **9.3.1. Měření v září 2013**

Měření na Kozinci bylo naplánováno hlavně pro zjištění změn mineralizace na hladině poklesové zátopy a možnosti srovnání výsledků s výsledky měření na DNH. Teprve v průběhu měření a průběžného vyhodnocení výsledků byla pozornost zaměřena i na odběry vzorků z hloubky. Pro tento krok jsou na Kozinci vytvořeny lepší podmínky než na DNH, protože zátopa je podstatně hlubší.

Metodika odběru vzorků, měření i použitá přístrojová technika byla stejná jako v předchozích případech. Stejně jako při 2. měření na DNH jsem zjišťovala i teplotu vody; při měření z lodi jsem ověřovala hloubku nádrže.

Kromě vlastní poklesové zátopy jsem měřila vodivost i teplotu i na hladině Karvinského potoka a na „lagunách“, které se nacházejí na jižní straně zátopy a jsou od ní odděleny hlušinovými hrázkami - viz obrázky 23 až 26 v příloze 5. Tyto laguny jsou mimo bezprostřední vliv Karvinského potoka i zátopy, protože jsou umístěny na přítokové straně k zátopě a akumuluje se v nich podzemní voda a při vydatnějších srážkách i voda povrchová, přitékající mj. pozůstatkem koryta Doubravského potoka (přitékal od náměstí v Doubravě do oblasti Kozince) – viz obrázek 27 přílohy 5. Několik měření jsem provedla i z vody z vývěrů v těsné blízkosti východního okraje zátopy, kde dochází k sycení zátopy z vývěrů podzemní vody, která filtruje směrem od Olše (v okolí vývěrů byly železité sraženiny – viz obrázky 34 až 36 fotodokumentace). Odlišný hydrochemický charakter vody v lagunách a ve vývěrech byl ihned patrný z nižší vodivosti i teploty vody.

Teplota vody na hladině zátopy dosahovala průměrně 20,1 °C (12,6 až 20,9 °C); nejnižší byly podle očekávání na jižní a jihovýchodní straně (v sousedství lagun a vývěrů). Voda samotných lagun a vývěrů dosahovala 12-18 °C. Lokalizace míst měření je v příloze 2.2 (celkový pohled) a 2.3 (detail jižní části s vyšší hustotou míst měření). Výsledky měření jsou obsaženy v příloze 4.3. a graficky zobrazeny na obrázcích 12, 13 a 14.

Měření bylo zahájeno 6.9.2013 po obvodu hladiny zátopy. Po zkušenostech z DNH, kde se projevoval vliv přítoku Stružky i Korunky, jsem očekávala podobný projev i na Kozinci a to i přesto, že do zátopy není přímo zaústěna žádná vodoteč. Předpokládala jsem ale výrazně vyšší vodivost na západním a severním okraji zátopy, kolem kterého protéká

Karvinský potok. Naopak na východním a jižním okraji jsem předpokládala vyslazení vody, protože se jedná o přítokové směry (přítok podzemních vod a vod z pozůstatku Doubravského potoka). Po obvodu zátopy, na hladině Karvinského potoka, lagun a na vývěrech jsem měřila celkem na 76 místech (body 211-239 a 241-287).

Po změření celého obvodu ale nebyly zjištěny tak významné rozdíly, jaké se čekaly před zahájením vzorkování (tj. řádové). Následujícího dne (7.9.) pokračovalo měření na hladině z lodi (gumový nafukovací člun) – viz obrázek 32 přílohy 5 (fotodokumentace). Kromě měření teploty a konduktivity vody jsem měřila v každém místě i hloubku zátopy. Provedla jsem měření na 45 místech (body 289-333). Ani po měření v ploše hladiny z lodi jsem nezjistila očekávanou významnější plošnou proměnlivost výsledků. Proto jsem pokusně na 2 místech odebrala i zonální vzorky. Odběr byl proveden z oddělovací hráze mezi Karvinským potokem a zátopou pomocí čerpadla Gigant, připevněného na 5-m měřické teleskopické lati (viz obrázky 37 až 39 v příloze 5). Jednalo se o bod 335 (hloubka 0,5 m a 2,5 m) a bod 336 (hloubka 0,0 m, 0,3 m a 2,5 m). Zároveň jsem odebírala i opakované vzorky s časovým odstupem 1 a 2 min. Celkem jsem na bodech 335 a 336 provedla 9 měření.

Podle výsledků měření na bodech 335 a 336, kde se mírně naznačila proměnlivost vodivosti s hloubkou, pokračovalo měření z lodi, a to za účelem zjištění vertikální zonality. Z člunu jsem měřila na 5 místech - profilech, označených jako „prof.L1-5“ (letní). Odběry byly provedeny následovně (tabulka 10):

*Tabulka 10: Kozinec 2013 - odběr zonálních vzorků*

profil	odběr z hloubky (m)	celk. hl. (m)	počet vz.	pozn.
L1	0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 4,3 / 5 / 6 / 6,3 / 7	7,2	12	0 a 4,3: 2x
L2	0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 6,5	7,0	8	
L3	0 / 1 / 2 / 2,5	3,5	4	
L4	0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5	5,5	6	
L5	0 / 1 / 2 / 3 / 3,5 / 3,9	4,0	6	

Celkem jsem provedla 30 měření v hloubce a 6 na hladině. U profilu 1 z hloubky 6,3 m a u profilu 2 z hloubky 6 m jsem zároveň odebrala vzorky vody do lahve pro pozdější analýzu v laboratoři (rozšířený rozbor – kromě chloridů a vodivosti řada dalších

parametrů, které pro diplomovou práci nevyužívám; výsledky analýz jsou využity i pro potřeby odboru hydrogeologie Green Gas). Protokol o analýzách je v příloze 3.

Po vyhodnocení výsledků měření po obvodu hladiny jsem 8.9.2014 ještě provedla doplňující měření na JV okraji zátopy pro lepší upřesnění rozsahu vyslazení vody v zátopě vlivem vývěrů podzemní vody (body 337-349, 351-356), tj. 19 vzorků. U bodů 344 (laguna), 347 (zátopa), 348 (zátopa) a 353 (Karvinský potok) jsem také odebrala vzorky vody do lahve pro pozdější analýzu v laboratoři (jen chloridy a vodivost). Protokol o analýzách je v příloze 3. Výsledky laboratorních analýz všech 6 vzorků jsem využila pro ověření správnosti mého měření a pro stanovení přepočtového vzorce z konduktivity na chloridy – viz podkapitola 11.1. a tabulka 12.

Celkem jsem v prvním měření na Kozinci změřila 185 vzorků na 147 bodech.

### **9.3.2. Měření v březnu 2014**

Po vyhodnocení výsledků měření jsem zjistila pro konduktivitu výraznou hloubkovou stratifikaci (blíže viz kapitola 11). Po konzultaci s vedoucí diplomové práce bylo rozhodnuto o zopakování stejného měření v zimním období. Cílem bylo zjistit, zda vlivem teplotních změn vody se bude měnit i charakter zonality mineralizace vody (tj. konduktivity). Tento záměr byl mírně znehodnocen mimořádně teplou zimou.

Teplota vody na hladině jezera dosahovala průměrně 8,3 °C (7,0-11,0 °C). Výsledky měření jsou obsaženy v příloze 4.4. a graficky zobrazeny na obrázku 14.

Měření jsem provedla dne 1.3.2014 (viz obrázky 40 až 44 přílohy 5 - fotodokumentace). Hlavní část prací spočívala v zonálním měření. Z člunu jsem změřila 8 profilů, označených jako „prof.Z1-8“ (zimní). Odběry byly provedeny podle tabulky 11.

Celkem jsem provedla 43 měření v hloubce a 8 na hladině.

Následně jsem ještě provedla doplňující namátkové měření na hladině zátopy po jejím obvodu, v lagunách a na hladině Karvinského potoka (body 523 a 533-553), tj. celkem na 22 bodech. Dále jsem využila i souběžného měření pracovníků odboru hydrogeologie Green Gas v oblasti Kozince a převzala jsem 7 hodnot z JV až S okraje zátopy (body K5, K6, K15, K17, K18, K19 a K20).

Ve druhém měření jsem na Kozinci změřila 72 vzorků na 37 bodech.

Tabulka 11: Kozinec 2014 - odběr zonálních vzorků

profil	odběr z hloubky (m)	celk. hl. (m)	počet vz.
Z1	0 / 1,5 / 3	3,1	3
Z2	0 / 4 / 4,8	4,8	3
Z3	0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 5,2	5,2	7
Z4	0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 4 / 7,8	7,8	9
Z5	0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 7,4	7,4	9
Z6	0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 4,6	4,6	6
Z7	0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 5,6	5,6	7
Z8	0 / 2,7 / 3,8 / 4,8 / 5,2 / 5,7 / 6,5	6,8	7

Celkově jsem pro diplomní práci využila 421 měření na 343 místech. Z toho 378 měření na 302 místech jsem provedla vlastními silami; zbytek přebírám z databáze Green Gas DPB, a.s. Pro analýzu v laboratoři jsem odebrala 6 vzorků vody (Kozinec 2013).

## 10. Převzatá data

### 10.1. Zdroje informací a dat

Pro zpracování zadání diplomové práce jsem použila tyto informační zdroje:

- topografický podklad: základní mapa ČR 1 : 100 000, vydal Český úřad zeměměřický a katastrální 2004,
- digitalizované katastrální mapy pro obce Doubrava u Orlové (631167), Staré Město u Karviné (664197) a Heřmanice (714691), zdroj dat Green Gas DPB, a.s.,
- státní vodohospodářské mapy ČR 1 : 50 000, vydáno ČÚZK 1991,
- <http://www.env.cz>: webové stránky Ministerstva životního prostředí České republiky,
- <http://www.heis.vuv.cz>: stránky Hydroekologického informačního systému Výzkumného ústavu vodohospodářského T.G. Masaryka,
- <http://www.in-pocasi.cz>: stránky serveru IN-POČASÍ s archivovanými klimatologickými údaji,

- tématicky zaměřené podklady (viz literatura), hlavně vlastní bakalářská práce (Maluchová, 2012). Dále jsou to práce Polášek et al. (2010), Malucha (1999), Malucha & Hotárek (2006-2014), Síbrt (2013, [online]) pro lokalitu Kozinec, práce Maluchová (2009, 2011), Malucha (2011, 2012) pro lokalitu DNH a práce Maluchová (2009-2013), která mi posloužila jako zdroj některých vstupních údajů ohledně chemismu důlních vod.

- vlastní data: výsledky terénních pochůzek, 370 měření konduktivity a teploty vody v zájmových vodních nádržích na 296 bodech, včetně dokumentace každého bodu měření pomocí GPS, pořízení fotodokumentace v místech měření, výsledky analýz 6 vzorků povrchových vod.

- převzatá data stejného druhu z databáze Green Gas DPB, a.s., tj. 49 měření konduktivity a teploty vody v zájmových vodních nádržích na 47 bodech

- konzultace, doplňkové informace a materiály byly poskytnuty ve společnostech Green Gas DPB, a.s. (můj zaměstnavatel), OKD, a.s., a dále v Povodí Odry, s.p. a panem Zdeňkem Poláškem.

## **10.2. Green Gas DPB, a.s.**

Z archivních zdrojů Green Gas DPB, a.s. jsem využila řadu podkladů, a to jak pro lokalitu DNH, tak i pro poklesovou zátopu na Kozinci.

Protože Green Gas DPB, a.s. je správcem Dávkovací nádrže v Heřmanicích, kam přitéká voda ze Stružky, provádí svá kontrolní měření chemismu vody. V současné době se pravidelně 1x za měsíc měří konduktivita (přímo v terénu) a chloridy, které se stanovují v laboratoři z odebraných vzorků vody (dříve se voda analyzovala v širším rozsahu). Detailnější sledování chemismu povrchových vod v oblasti DNH i navazujících vodotečí bylo provedeno pro interní potřebu GG DPB v roce 2011 a 2012 pro ověření možnosti zvýšení přítoků důlních vod do DNH. Z těchto zdrojů jsem využila údaje o chemismu vody ve Vrbické stružce (podkapitola 4.2., tabulka 4).

Dále jsem využila i výsledků měření přímo na hladině DNH z května 2011, které se stalo základem pro první řadu měření a které jsem následně doplnila svým měřením po obvodu DNH (podkapitola 9.2.1).

V oblasti Kozince realizuje GG DPB hydrogeologický a hydrochemický monitoring od roku 1998. Jeho součástí je i sledování chemismu Karvinského potoka; tato data

využívám v podkapitole 4.3. (tabulka 6). Rovněž je monitorován vývoj chemismu vlastní zátopy (pouze ze břehu); zjištěné poznatky jsou obsaženy v kapitole 11. Několik aktuálních hodnot z monitoringu zátopy jsem použila i pro doplnění zimní řady na Kozinci (body „K“).

### **10.3. OKD, a.s.**

Ze zdrojů OKD pochází údaje o chemismu důlních vod vypouštěných do Stružky (podkapitola 4.2., tabulka 3) a Karvinského potoka (podkapitola 4.3., tabulka 5).

### **10.4. Povodí Odry, a.s.**

Z datových zdrojů Povodí Odry, a.s. jsem využila údaje o dlouhodobém chemismu vody ve Vrbické stružce. Údaje jsem použila v obrázku 5. Dále jsem využila údaje o průtokovém režimu na zájmových vodních tocích, veřejně prezentované formou „průvodních listů povrchových vod Plánu oblasti povodí Odry (Povodí Odry, 2014 [online]).

## **11. Zhodnocení výsledků**

### **11.1. Zhodnocení použitelnosti měřicí metody (srovnání výsledků in situ a laboratorně)**

Použitelnost metody nepřímého zjištění koncentrace chloridů prostřednictvím elektrické vodivosti je dána fyzikální podstatou vodivosti, jejíž popis jsem provedla v kapitole 7.2. Spolehlivost a těsnost závislosti obou parametrů je vidět z koeficientu spolehlivosti grafů na obrázcích 6 a 7, který je více než 0,8. Tento způsob měření se používá např. i v Povodí Odry, s.p., kde se pro přepočet z konduktivity na chloridy používá graf – viz obrázek 5.

Správnost měřených hodnot konduktivity je zajištěna použitím originálního měřicího přístroje (Mettler Toledo), dodržáním metodiky měření a provedením kontrolního srovnání na 6 vzorcích, kde jsem kromě vlastního měření vodivosti v terénu předala vzorky vody do akreditované laboratoře k analýze a stanovení vodivosti (a chloridů). Malý počet vzorků je sice statisticky nevýznamný, ale jedná se pouze o kontrolní vzorky a jejich cílem není

definovat křivku závislosti, ale zkontrolovat její platnost. Výsledky kontrolního stanovení – viz tabulka 12.

Tabulka 12: výsledky kontrolního stanovení konduktivity a chloridů na Kozinci 9/2013

vzorek (vz.) * / parametr	kond. (mS.cm <sup>-1</sup> )		rozdíl %	chloridy (mg.l <sup>-1</sup> ) **			rozdíl %	
	terén	labor.		výp. 1	výp. 2	labor.	1	2
prof.L1 (vz.1), hl. 6,3 m	9,47	10,10	6,2	3 931	3 051	3 110	26,4	1,6
prof.L2 (vz.2), hl. 6,0 m	9,47	10,20	7,2	3 931	3 051	3 180	23,6	4,1
b.344 (vz.1, hlad. laguny)	0,72	0,72	0,0	94	-240	82	14,4	392,2
b.347 (vz.2, hlad. zátopy)	2,36	2,50	5,6	525	369	625	16,0	40,9
b.348 (vz.3, hlad. zátopy)	1,94	2,01	3,5	395	212	474	16,7	55,2
b.353 (vz.4, Karv. potok)	7,49	8,27	9,4	2 798	2 298	2 280	22,7	0,8
<b>průměr ze všech vz.</b>			5,3				20,0	82,5
<b>průměr ze vz. z hloubky</b>			6,7				25,0	3,0
<b>průměr ze vz. z hladiny</b>			4,6				17,5	122,3

\* označení místa měření (viz strana 3 v příloze 4.3,)

\*\* výp. 1: výpočet podle vzorce (1) podle Povodí Odry, a.s. (viz obrázek 6)

\*\* výp. 2: výpočet podle vzorce (2) pro důlní vodu (viz obrázek 7)

**4,1** přijatelná přesnost (<20 %)

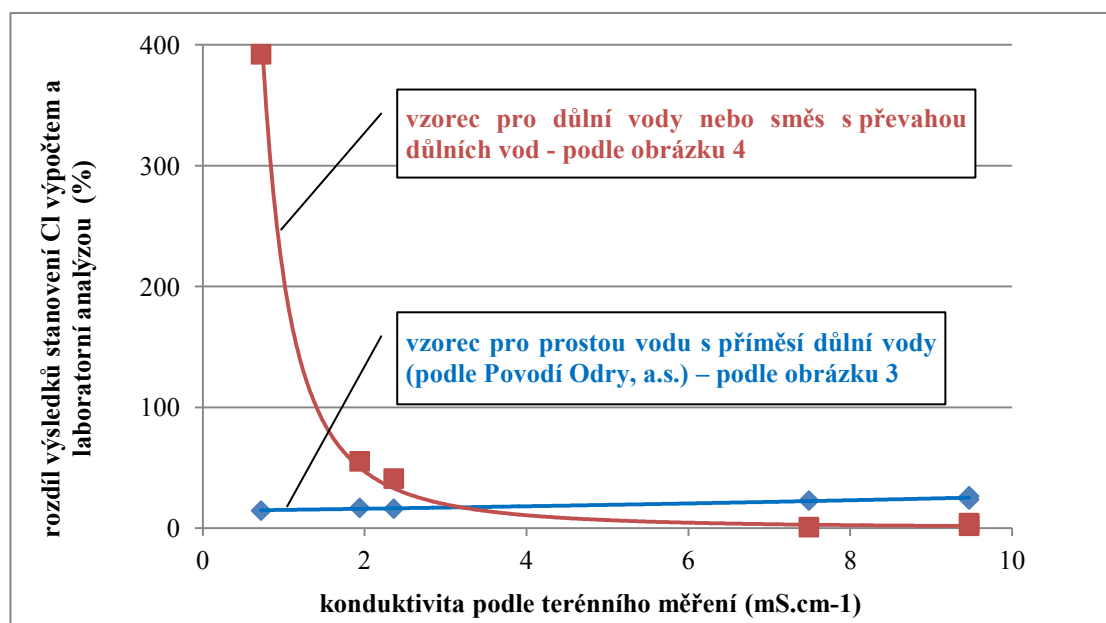
**392** nepřijatelná přesnost (=>20%)

Tabulka obsahuje výsledky analýzy v terénu i v laboratoři a je propočtena absolutní hodnota rozdílů výsledků, tj. bez ohledu na to, který výsledek je vyšší nebo nižší. Výsledky výpočtu ukázaly rozdílnost mezi vzorky z hladiny jezera a vzorky z hloubky jezera a z Karvinského potoka (dáno rozdíly v koncentracích chloridů – viz dále). V posledních řádcích tabulky je tedy provedeno jednoduché srovnání celkových průměrů a průměrů pro obě skupiny vzorků zvlášť.

Z tabulky je vidět dobrá shoda ve výsledcích konduktivity. Procentuální rozdíl mezi laboratorním stanovením a stanovením v terénu je méně než 10 %. Zároveň je vidět, že lepší shoda je u vody s nižší mineralizací (vzorky 1 až 3 z hladiny zátopy a sousední laguny s přítokem sladké vody), kde jsou rozdíly pod 6 %. U více mineralizovaných vzorků (z hloubky zátopy a z Karvinského potoka) je rozdíl 6 až 10 %.

Horší je shoda koncentrací chloridů vypočtených na základě vodivosti podle vzorce Povodí Odry (viz obrázek 6) a chloridů stanovených v laboratoři. Tady jsou rozdíly až 25 %. Rozdíl výsledků již není způsoben chybou mého měření v terénu, ale je dán spolehlivostí použité křivky závislosti vodivosti a konduktivity vyjádření vzorcem (1), kterou jsem převzala od Povodí Odry, a přesností stanovení chloridů v laboratoři. Podobně jako v případě rozdílů u konduktivity je i u chloridů vidět, že vzorky vody s nižší mineralizací vykazují rozdíly 14 - 17 %, zatímco u mineralizovanějších vod je rozdíl 23 až 27 % (viz tabulka 12, sloupec „rozdíl 1“). Proto jsem provedla propočet i podle vzorce (2), odvozeného pro důlní vody (viz obrázek 6) – v tabulce 12 sloupec 2. V tomto případě je naopak shoda přepočtu a laboratorního výsledku u mineralizovanějších vod velmi dobrá (1 až 4 %), zatímco u sladších vod je naopak špatná (40 až 400 %). Tím se potvrzuje, že vzorec podle obrázku 6 je pro jiné než důlní vody nebo vody s dominantním obsahem důlních vod nepoužitelný.

Rozdílnost výsledků stanovení chloridů mezi vzorky s nižší vodivostí (z hladiny jezera) a vzorky s vyšší vodivostí (z hloubky jezera a Karvinského potoka) jsem graficky vyjádřila v obrázku 8. Je vidět, že od vodivosti cca  $3,2 \text{ mS.cm}^{-1}$  je spolehlivější vzorec pro vodu s dominantním podílem důlní složky (obrázek 7), kdežto pro vodu s nižším obsahem důlních vod je vhodnější vzorec podle Povodí Odry, a.s. (viz obrázek 6).



Obrázek 8: spolehlivost vzorců pro přepočet konduktivity na chloridy



## 11.2. Dosažené výsledky měření a jejich zhodnocení

Dosažené výsledky měření konduktivity a teploty vody, které jsem změřila v terénu, obsahují tabulky v příloze 4, kde jsou uvedeny i příslušné hodnoty koncentrací chloridů, které jsem přepočítala z vodivosti. S odvoláním na předchozí kapitulu jsem pro přepočet měřených hodnot vodivosti na hledanou koncentraci chloridů použila obě zmíněné rovnice:

$$\text{- pro konduktivitu } \leq 320 \text{ mS.m}^{-1}: \quad C_{\text{chl.}} = 0,1912 \cdot K^{1,4491} \quad (1)$$

$$\text{- pro konduktivitu } > 320 \text{ mS.m}^{-1}: \quad C_{\text{chl.}} = 6\text{E-}05 \cdot K^2 + 3,7005 \cdot K - 507,58 \quad (2)$$

kde:  $C_{\text{chl.}}$  = koncentrace chloridů ( $\text{mg.l}^{-1}$ )

$K$  = konduktivita ( $\text{mS.m}^{-1}$ )

V tabulce 13 jsou výsledky změřených hodnot konduktivity vybraných pokud možno ze stejných míst v různých časových řadách. Pro DNH, jejíž volná vodní hladina (bez litorálu, kde neprobíhalo vzorkování) je cca 2x větší než zátoka Kozinec, jsem porovnávala body do vzdálenosti cca 10 m; u Kozince jen do cca 5 m. V tabulce je doplněna informace o vodnosti období, kdy měření probíhalo. Z důvodu dlouhodobého sucha ve 2. polovině roku 2013 a navazující bezesrážkové zimy 2013-2014 spadají obě měření na Kozinci do deficitního období, takže se příliš neprojevují rozdíly plynoucí z různých klimatických podmínek. U DNH je tento vliv znatelnější, protože první měření na jaře 2011 bylo srážkově vydatnější, než 2. měření 2013.

Z jednoduché statistiky pod tabulkou (průměr, směrodatná odchylka) je vidět, že:

- 1) u DNH ve 2. měření vzrostla konduktivita na většině bodů, a to v průměru o 25 %. Zároveň jsou výsledky ve 2. měření mnohem více proměnlivé (variabilnější). To dokládá růst salinity spolu s nižší vodností. Taky to naznačuje, že při vodním deficitu je mísení vody v nádrži horší a voda je méně homogenní;
- 2) taky u zátopy na Kozinci se projevuje růst salinity ve 2. období, ale jen o 3 %. To je dáno tím, že obě měření probíhala v deficitním období.
- 3) Variabilita dosažených výsledků na Kozinci je nižší než u DNH ve srovnatelném deficitním období – voda v zátopě má tedy při nízkých vodních stavech vyšší homogenitu (další komentář v následujících kapitolách). Je to zřejmě dáno tím, že přítoky do nádrže Kozinec nejsou přímým vtokem jako u DNH, ale postupnou infiltrací přes navážku. Naopak ve vodním období mají nejnižší proměnlivost výsledků měření na DNH.

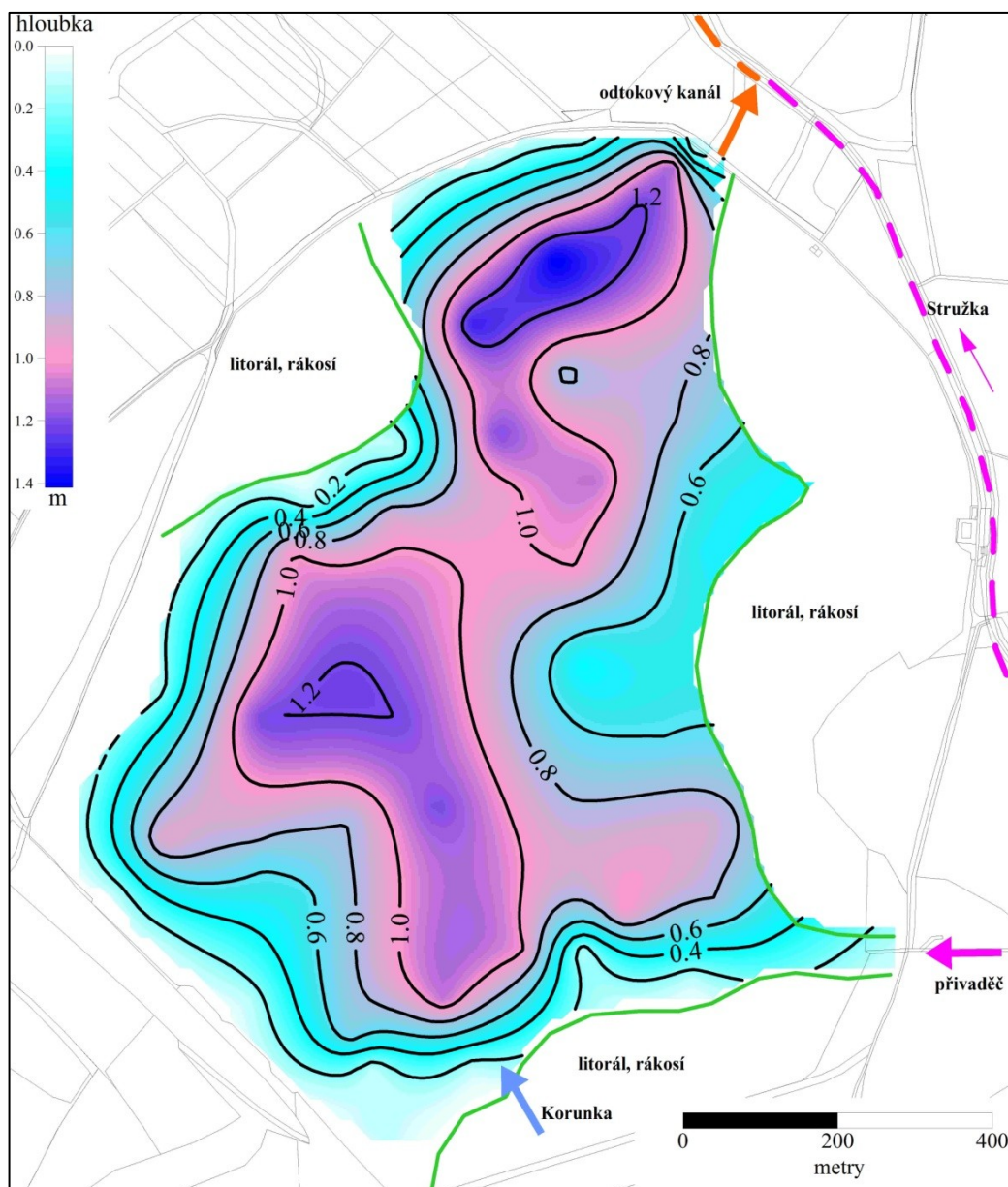
Tabulka 13: srovnání výsledků měření ve společných bodech (konduktivita v  $\text{mS.cm}^{-1}$ )

bod 1. měření / bod 2. měření	vodonost → vzdálenost bodů (m)	DNH 2011	DNH 2013	$\Delta$ (%) 2011 = 100	Koz. 2013	Koz. 2014	$\Delta$ (%) 2013 = 100
		nadprůměrně vodný stav	částečně vyrovnaný 2-měsíční deficit		2-měsíční deficit po nadprům. vod. stavu	5-měsíční deficit	
252 / 537	0,0				0,62	0,64	3
272 / 540	1,6				0,90	1,14	27
211 / 523	2,2				2,01	2,39	19
274 / 544	2,5				2,12	1,61	-24
253 / 538	3,1				1,78	1,52	-15
144 / 437	2,9	2,52	3,71	47			
324 / K6	4,0				2,17	2,07	-5
225 / 553	4,3				2,29	2,45	7
268 / 397	4,3	2,11	1,32	-37			
272 / 541	4,4				0,90	1,60	78
286 / 542	5,3				0,61	0,48	-21
270 / 400	6,0	2,30	1,60	-30			
260 / 380	8,6	2,36	3,58	52			
258 / 377	9,5	2,32	3,59	55			
147 / 431	10,3	2,26	3,71	64			
266 / 392	10,6	2,44	3,59	47			
143 / 442	11,0	2,89	3,69	28			
132 / 459	12,2	2,26	3,68	63			
257 / 375	12,5	2,25	1,078	-52			
<b>průměr</b>		<b>2,37</b>	<b>2,96</b>	<b>25</b>	<b>1,49</b>	<b>1,54</b>	<b>3</b>
<b>sm.odch.</b>		<b>0,20</b>	<b>1,07</b>	<b>435</b>	<b>0,68</b>	<b>0,66</b>	<b>-3</b>

### 11.2.1. DNH: výsledky jarního měření (květen 2011)

Výsledky z první časové řady měření jsem graficky zobrazila na obrázcích 9 (hloubka vody) a 10 (koncentrace chloridů); změřené hodnoty vodivosti pro jednotlivé body včetně přepočtu na chloridy – viz příloha 4.1.

Z obrázku 9 je patrné, že DNH je mělká – v průměru jen 0,9 m. Maximální hloubka vody dosahuje 1,4 m v místě před hrází na severním okraji nádrže. Druhé místo s vyšší hloubkou je ve středozápadní části (cca 1,2 m) – tady byly v minulosti vysoké poklesy terénu vyvolané důlním vlivem (proto se musel v minulosti z tohoto místa směrem k odtoku vybagrovat ve dně tzv. „homogenizační kanál“). V obou místech s největší hloubkou byl proveden odběr zonálních vzorků (body 117 a 123).

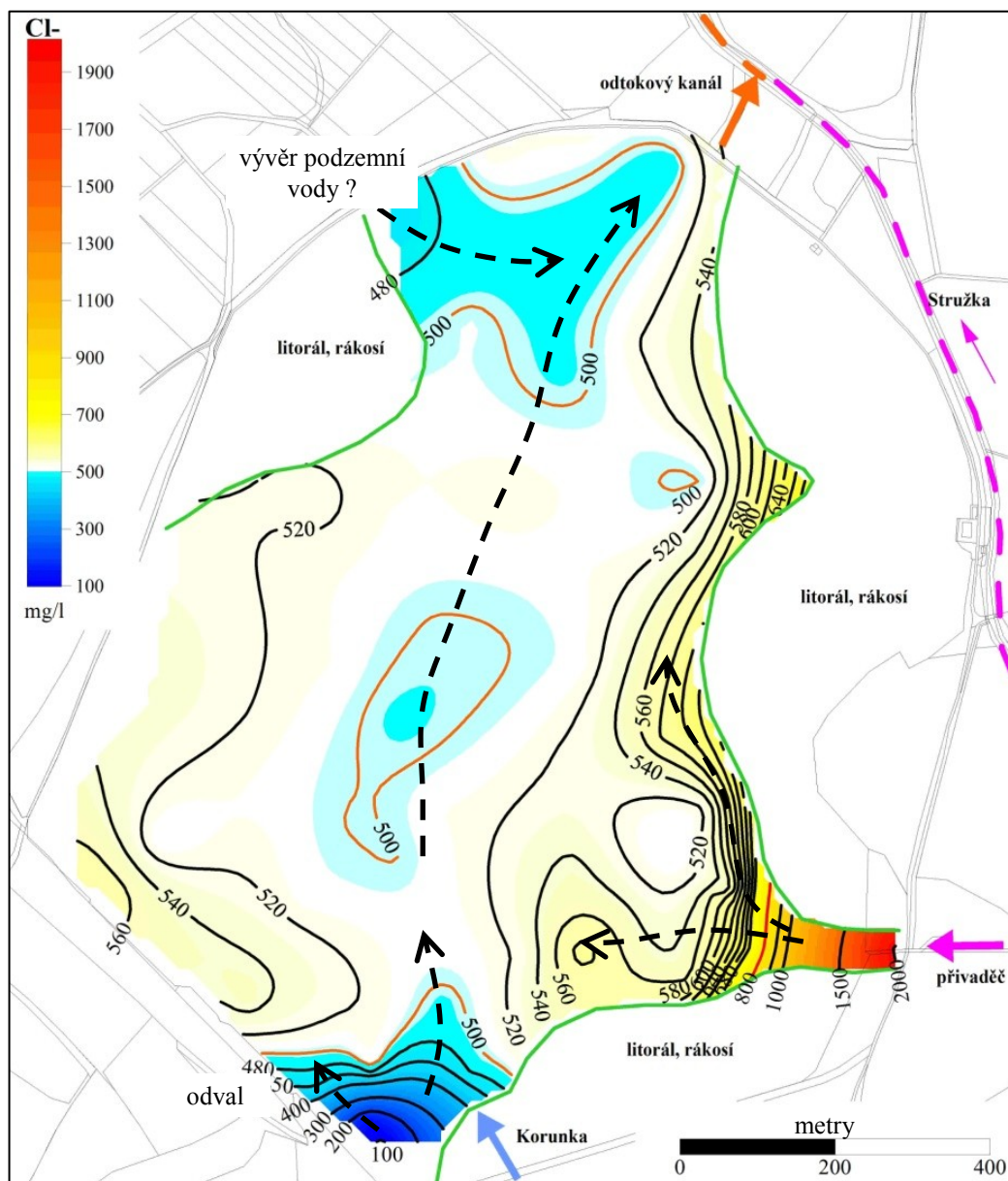


Obrázek 9: DNH - hloubka vody (m)

Podle hloubky vody provedli pracovníci odboru hydrogeologie Green Gas DPB, a.s. výpočet aktuální kapacity nádrže. Ze srovnání objemu podle provozního řádu a skutečného objemu podle měření vyplývá, že původní objem je snížen na cca 70 %. To je dáno dřívějšími poklesy dna nádrže důlními vlivy i zanášením dna a hlavně okrajů nádrže, kde se vytvořil široký litorální pás (hlavně na jižním a východním okraji) – útočiště pro faunu.

Na obrázku 10 je rozložení koncentrace chloridových iontů na hladině. Barevně jsem zdůraznila linie s koncentracemi 500 mg.l<sup>-1</sup> (oranžově) a 800 mg.l<sup>-1</sup> (červeně), stejně jako na obrázku 11 pro podzimní měření 2013. Je to proto, že celková úroveň koncentrací na

podzim je vyšší než na jaře a proto nebylo možno barevnou škálu výplně u obou obrázků nastavit jednotně. Pro vzájemnou srovnatelnost obou měření jsem proto shodně zvolila alespoň obě linie koncentrací. Přerušované šipky znázorňují hlavní směry proudění vody, které se v mapě projevují změnami koncentrace chloridových iontů.



Obrázek 10: DNH 2011 – koncentrace chloridů na hladině ( $\text{mg.l}^{-1}$ )

Na obrázku 10 je dobře vidět oba zdroje přítoků – od východu přivaděč ze Stružky (vysoké koncentrace až  $2 \text{ g.l}^{-1}$ ) a od jihu Korunka (nízké koncentrace pod  $0,5 \text{ g.l}^{-1}$ ). Voda z Korunky do DNH vtéká přednostně přímo k severu; část její vody ale vyslazuje i vodu pod patou odvalu na JZ okraji DNH.

Kromě toho se ještě projevuje další přítok sladké vody od severozápadu - jsou to zřejmě přítoky podzemních vod. Naopak na západním okraji je voda spíše koncentrovanější – asi vliv průsaků od odvalu Heřmanice, které mohly zvýšit vodivost vody. Voda podél litorálního pásma na východním okraji DNH má v rámci jarního měření rovněž koncentrovanější vodu – hodnoty nad 550 mg.l<sup>-1</sup>.

Středem nádrže od Korunky k odtokovému kanálu probíhá pás vyslazené vody, ke kterému se před výpustí přidávají průsaky podzemních vod.

V ústí přivaděče se objevuje anomálie – „ostrůvek“ sladší vody, před kterým se voda z přivaděče rozděluje do 2 větví – jedna jde podél jižního okraje DNH směrem ke Korunce, druhá směřuje podél východního litorálního pásma.

V bodech 117 a 123 byly odebrány kromě vzorků z hladiny i vzorky z hloubky 1,3 m resp. 1,1 m. V bodě 117 byla u dna koncentrace chloridů o 1 % vyšší než na hladině, u bodu 123 byl naopak pokles o 2 %. Výsledky tak neukazují na vertikální zonalitu mineralizace vody (malá hloubka nádrže, oteplováním a ochlazováním svrchních vrstev vody vzniká konvekční vertikální proudění a dochází k cirkadiánnímu promíchávání svrchních vrstev vody (Švehláková et al., 2006 [online]).

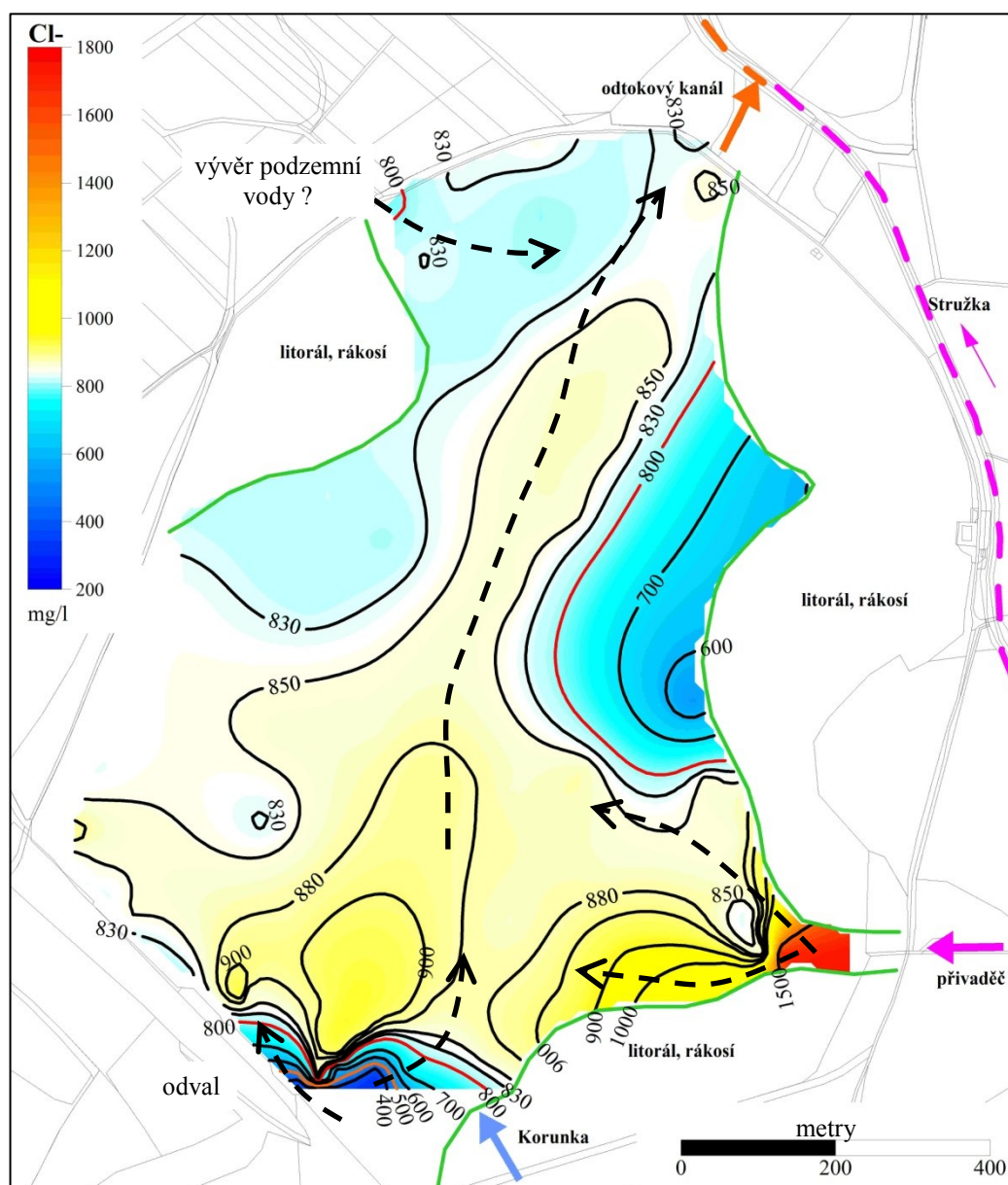
#### **11.2.2. DNH: výsledky podzimního měření (říjen 2013)**

Výsledky výpočtu koncentrace chloridů z druhé časové řady měření jsem graficky zobrazila na obrázku 11; změřené hodnoty vodivosti pro jednotlivé body včetně přepočtu na chloridy – viz příloha 4.2. Šipky opět znázorňují hlavní směry proudění vody v DNH.

S využitím srovnávacích izolinií 500 a 800 mg.l<sup>-1</sup> je vidět, že 2. měření probíhalo za vyšší salinity vody v DNH. Zatímco na jaře 2011 se koncentrace nad 800 mg.l<sup>-1</sup> objevují jen v ústí přivaděče, při vodním deficitu na podzim 2013 je tato hodnota překročena skoro v celé ploše hladiny. Přesto je základní charakter ředění podobný roku 2011. Zase se objevuje maximum koncentrací u ústí přivaděče, proti němu je anomálie s nižšími hodnotami a s rozdělením přítoku do 2 větví, přičemž větev podél jižního litorálního pásma je silnější – tedy zřejmě odtéká většina vody z přivaděče. Projevuje se i minimum koncentrací na přítoku Korunky. Průběh izolinií v ústí Korunky je při podzimním měření trochu jiný, protože měření na jaře se v těchto místech provádělo i více k jihu. I teď jsou vidět 2 směry vtoku vody do DNH: k S až SSV a k SZ - pod patu odvalu. Zdá se, že vtok



Korunky byl na podzim méně intenzivní, než na jaře. To souvisí s nižším průtokem v Korunce při vodním deficitu.



Obrázek 11: DNH 2013 – koncentrace chloridů na hladině ( $\text{mg.l}^{-1}$ )

Taky vývěr podzemní vody na severozápadě se projevuje vyslazením (nižší hodnoty chloridů). Naopak podél východního litorálního pásma se objevují nižší hodnoty chloridů než na jaře 2011. Je to ale pouze relativní snížení vzhledem k celkové úrovni salinity. Absolutní hodnoty koncentrací jsou zde cca  $600 - 700 \text{ mg.l}^{-1}$ , zatímco na jaře 2011 zde byly kolem  $550 \text{ mg.l}^{-1}$ , tj. ještě nižší. Zdá se ale, že zvýšení koncentrace chloridů na podzim není v této zóně tak výrazný, jako na ostatních místech. Je možné, že litorální

porost a mělčina brzdí proudění vody a její výměna je tady omezenější a i koncentrace látek je tady stabilnější. Středem DNH od Korunky k odtokovému kanálu se opět projevuje pruh postupně se ředící vody.

V bodech 417 a 452 byly odebrány kromě vzorků z hladiny i vzorky z hloubky 1 a 1,3 m resp. 1,2 m. V bodě 417 byla v hloubce 1 m koncentrace chloridů stejná jako na hladině a u dna byl pokles o 7 %. U bodu 452 byl u dna růst koncentrace pouze o 0,3 %. Výsledky ani v podzimním měření nenaznačily vertikální zonalitu mineralizace vody.

### 11.2.3. DNH: srovnání výsledků obou časových řad měření

V tabulce 14 je základní statistické srovnání všech dosažených výsledků. Hlavní nedostatek je v tom, že nejsou srovnány zcela identické body měření a i jejich počet v každé časové řadě je různý (srovnání v pokud možno stejných bodech je v tabulce 13).

Tabulka 14: srovnání výsledků měření chloridů na DNH (mg.l<sup>-1</sup>)

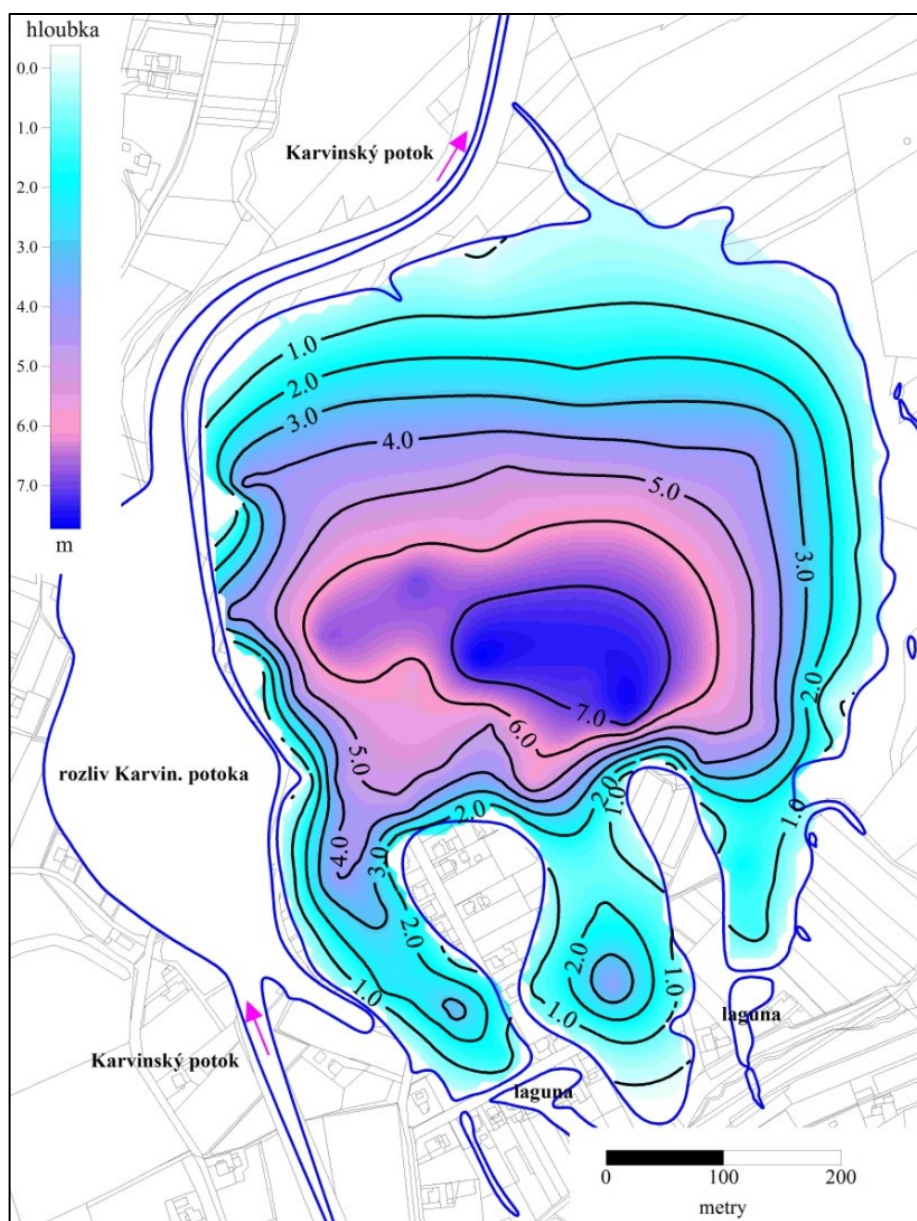
statistická veličina	Cl <sup>-</sup> : ze všech hodnot		Cl <sup>-</sup> : jen hodnoty z hladiny		
	2011	2013	2011	2013	změna (%)
počet měření	65	98	63	92	2011=100
průměr	533	841	509	823	+62
medián	515	855	515	855	+66
minimum	99	226	99	226	+128
maximum	2033	1746	704	1016	+44
rozdíl max. - min.	1934	1520	605	790	+31
směrodatná odchylka	204	173	81	120	+48

Výsledky hodnot „jen z hladiny“ jsou vypočteny po vyloučení měření v hloubce, dále měření ve vodě přímo z přivaděče, z Korunky, z rybníčku před hrází DNH (oddělená akumulace) a z odtokového kanálu za stavidlem. Vhodnější je tedy srovnání hodnot „jen z hladiny“, kde jsou vyloučeny výrazně extrémní hodnoty. Z vypočtených hodnot je vidět, že měření na podzim 2013 dává o cca 65 % vyšší hodnoty chloridů, než na jaře 2011. Také ostatní statistické parametry jsou vyšší a i variabilita hodnot je vyšší. Jednoznačně se tedy projevuje vodní deficit.

Výsledky jsou v souladu s tabulkou 13, kde v deficitním období 2013 také roste směrodatná odchylka souboru dosažených výsledků (z 0,2 v roce 2011 na 1,1 v roce 2013).

#### 11.2.4. Kozinec: výsledky letního měření (září 2013)

Výsledky z první časové řady měření na hladině jsem graficky zobrazila na obrázcích 12 (hloubka vody) a 13 (koncentrace chloridů); změřené hodnoty vodivosti pro jednotlivé body včetně přepočtu na chloridy – viz příloha 4.3. Výsledky měření z hloubky prezentuji v podkapitole 11.2.6. na sdruženém obrázku 16.



Obrázek 12: Kozinec - hloubka vody (m)



Z obrázku 12 je patrné, že zátopa Kozinec je – ve srovnání s DNH – podstatně hlubší. Průměrná hloubka je 3,5 m; vzhledem ke značnému rozptylu hodnot a nepravidelné síti mých měření je ale tento údaj dost nespolehlivý. Maximální hloubka vody dosahuje 7,5 m v místě severně od východního poloostrova. Je to v místě, kde poklesy terénu dosáhly nejvyšších hodnot. Obecně platí, že v místech, kde se břehy tvarovaly navážkou (tj. jižní a západní břeh – viz obrázek 28 fotodokumentace), je hloubka hned u břehu vysoká (násep navážky prudce padá dolů). Naopak podél severního a východního břehu, kde je původní terén, jsou mělčiny – viz obrázek 33 fotodokumentace.

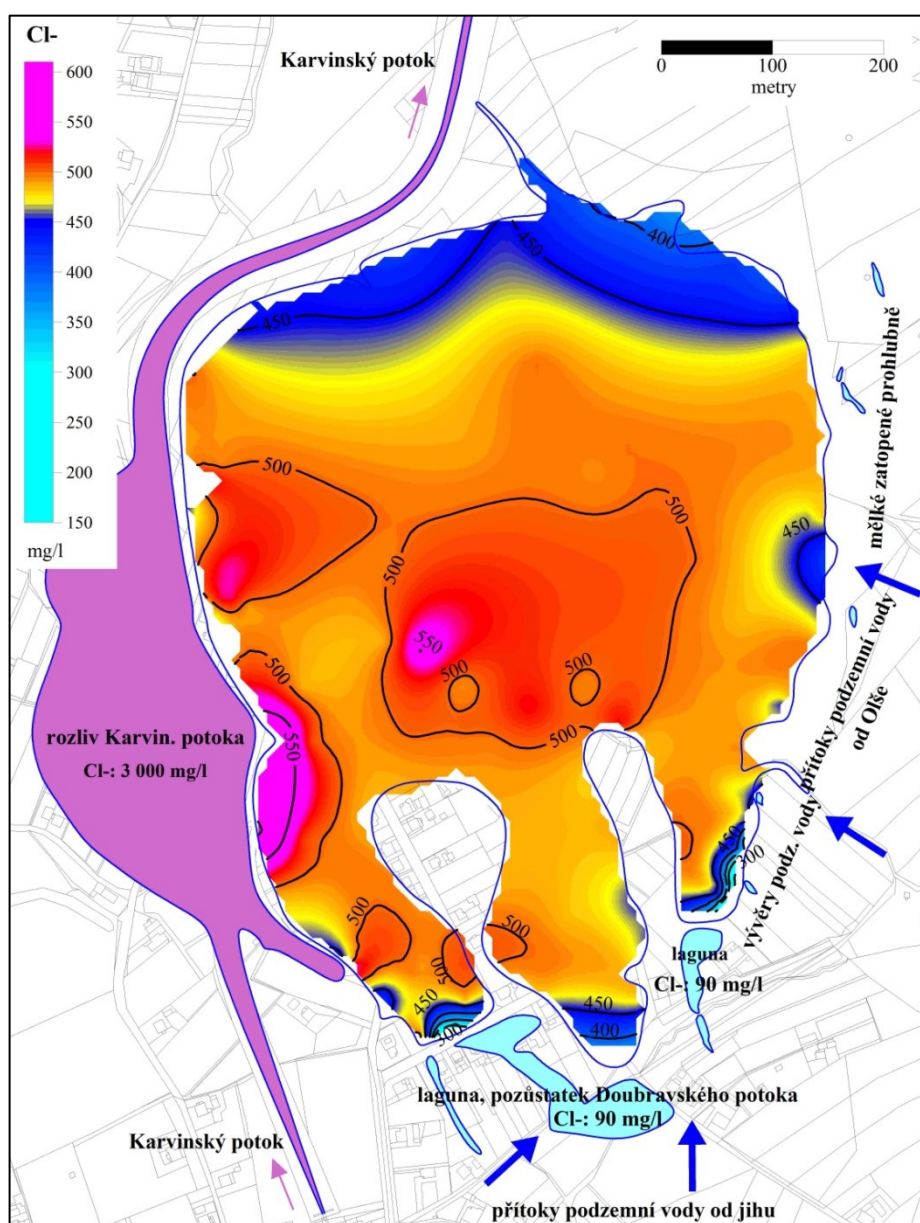
Hloubka nádrže je ale proměnlivá – podle intenzity působení důlních vlivů a poklesů terénu (resp. dna nádrže). Jen mezi září 2013 a březnem 2014 vizuálně došlo k zahloubení koruny hrázky mezi Karvinským potokem a zátopou minimálně o 0,5 m (viz obrázky 29 a 30 v příloze 5 (fotodokumentace). V místě zátopy se do budoucna předpokládají další několikametrové poklesy, takže se zátopa prohloubí.

Na obrázku 13 je rozložení koncentrace chloridových iontů na hladině. Na rozdíl od DNH jsou v obou časových řadách výsledky srovnatelné, takže je stejná i barevná škála a krok izolinií na obrázcích 13 (rok 2013), 14 (rok 2014) a 15 (redukovaný rok 2013).

V případě poklesové zátopy Kozinec není do vodní nádrže soustředěný bodový přítok vod, jako u DNH (náhon, Korunka). Na obrázku 13 se ale zdroje přítoků projevují. Jednak to je Karvinský potok, který působí hlavně ve 2 místech jako bodový zdroj chloridů – formou soustředěných průsaků přes oddělovací hráz. Samotný Karvinský potok má na hladině průměrnou koncentraci chloridů  $3 \text{ g.l}^{-1}$  (2 až  $3,5 \text{ g.l}^{-1}$ ) chloridů. Za hrázi v místech průsaků dosahuje voda v zátopě až  $600 \text{ mg.l}^{-1}$ . Zároveň zřejmě dochází i k dalším slabším průnikům vody z potoka podél celé západní strany zátopy, takže potok působí jako lineární zdroj kontaminace chloridy. Naopak na jižním a východním okraji jsou vidět přítoky sladké vody. Od jihu jsou to průsaky z lagun, které mají průměrnou koncentraci chloridů cca  $90 \text{ mg.l}^{-1}$ . Od jihovýchodu až východu zase do zátopy proniká podzemní voda ve směru od Olše. V místě průsaků a infiltrace podzemní vody má voda na okraji zátopy koncentraci chloridů cca  $300 \text{ mg.l}^{-1}$ . Směrem do zátopy ale koncentrace rychle stoupá. Vyslazený pás má šířku jen několik metrů. Širší vyslazená zóna se v obrázku objevuje na severním okraji zátopy. Tady ale působí vliv malého množství bodů na hladině zátopy. Dostatečně je podchycený jen okraj (ze břehu), kde je patrný pokles koncentrací chloridů

s rostoucí vzdáleností od Karvinského potoka a se slábnutím jeho vlivu; tyto nižší hodnoty se interpolují směrem do středu zátopy právě kvůli menšímu počtu bodů jižně od severní břehové linie. Předpokládám, že i na severním okraji bude mít vyslazená zóna šířku jen několik metrů. Na obrázku 13 je vidět i dílčí maximum koncentrací (přes 500 mg.l<sup>-1</sup>) v místě nad největší hloubkou zátopy. Je možné, že to souvisí s akumulací nejslanějších vod v nejnižších místech zátopy, jak bude popsáno v další podkapitole.

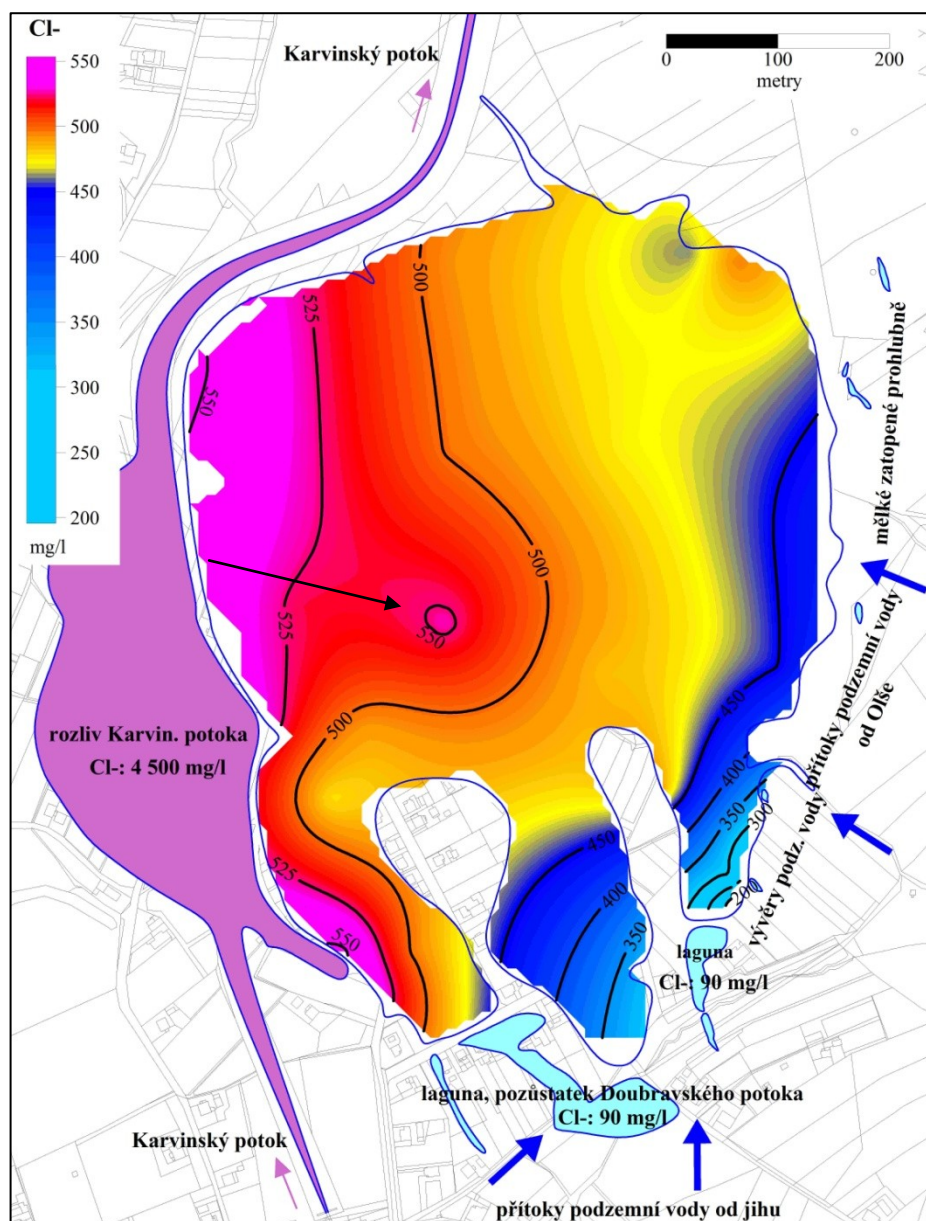
Největší část plochy hladiny v zátopě má koncentraci chloridů 450 až 500 mg.l<sup>-1</sup>. Průměrná koncentrace chloridů na hladině zátopy je 440 mg.l<sup>-1</sup>.



Obrázek 13: Kozinec2013 – koncentrace chloridů na hladině (mg.l<sup>-1</sup>), ze všech měřených bodů

### 11.2.5. Kozinec: výsledky zimního měření (březen 2014)

Výsledky z druhé časové řady měření na hladině jsem graficky zobrazila na obrázku 14 (koncentrace chloridů). Obrázek je konstruován se stejně nastaveným rozsahem hodnot jako obrázek 13; barevné škály obou obrázků jsou tedy srovnatelné. Změřené hodnoty vodivosti pro jednotlivé body včetně přepočtu na chloridy – viz příloha 4.4. Výsledky měření z hloubky prezentuji v podkapitole 11.2.6. na sdruženém obrázku 16.



Obrázek 14: Kozinec 2014 – koncentrace chloridů na hladině (mg.l-1), ze všech měřených bodů

Charakter mísení vody v zátopě v zimě se podle obrázku jeví jednodušší, než v létě. Je to ale dáno menším množstvím měřených bodů (zimní měření bylo prováděno především s cílem ověření vertikální zonality; měření v ploše hladiny je jen doplňkové; viz podkapitola 11.2.6). Způsob mísení je v principu podobný jako v létě. Opět je vidět průnik vody z Karvinského potoka, který má na hladině průměrnou koncentraci chloridů  $4,5 \text{ g.l}^{-1}$ . Směrem k východu vliv potoka slábne a voda se vyslazuje. Od jihu je patrný průnik sladké vody z jižních lagun, na východě z vývěrů podzemní vody. Směrem ke středu zátopy se (stejně jako v létě) projevuje dílčí maximum přibližně nad místem s největší hloubkou.

Na severním okraji není tak zjevná vyslazená zóna, jako v létě (opět hlavně vliv menšího počtu bodů). Přesto se zdá, že směr přítoků vody (sladké i slané) do zátopy směřuje více k jejímu středu, zatímco v létě to bylo více k severu. Je možné, že se v zimním měření projevilo další zahloubení zátopy důlními poklesy (viz obrázky 29 a 30 přílohy 5 – zahloubení hráze mezi potokem a zátopou) nebo změna směru větru v létě a v zimě (viz podkapitola 11.2.6).

#### **11.2.6. Kozinec: srovnání výsledků obou časových řad měření**

V tabulce 15 je základní statistické srovnání dosažených výsledků. V prvních 2 sloupcích jsou srovnání ze všech měřených hodnot v létě 2013 a v zimě 2014. Stejně jako v případě DNH je základní nedostatek srovnání v tom, že nejsou srovnávány pozičně stejné body měření; u Kozince je ale navíc i podstatně menší počet měření v zimní časové řadě (u DNH tento rozdíl není tak velký). V předchozích podkapitolách 11.2.4. a 11.2.5. jsem upozornila, že menší počet bodů měření na hladině zátopy v zimě než v létě může způsobit chybné závěry při srovnání obou časových řad. Proto je v dalších sloupcích tabulky 15 srovnání pro hodnoty jen z hladiny zátopy, tj. po vyloučení hodnot měřených v hloubce zátopy, dále vyloučení měření ve vodě přímo z Karvinského potoka, z lagun, z vývěrů, z Olše (bod 282) a z výkopu v lese mezi Olší a zátopou (bod 249). Navíc je počet vzorků „z hladiny“ redukován jen na body, které jsou pokud možno na stejných místech v letním i zimním měření. U chloridů je to jen 28 bodů, u teploty jen 22 bodů (u 6 bodů se měřila jen vodivost, bez teploty). Po konzultaci s vedoucí diplomové práce a jsem z těchto bodů zpracovala „redukovanou“ mapu koncentrací chloridů. Výsledek je na obrázku 15.

Pro srovnání obou časových řad je tedy vhodnější použít hodnoty „jen z hladiny a ze stejných bodů“. Z vypočtených hodnot chloridů je vidět, že letní i zimní měření dávají

velmi podobné hodnoty – prakticky stejný průměr i medián, na rozdíl od srovnání výsledků veškerých naměřených bodů. V létě je vidět větší rozdíl mezi zjištěnou maximální a minimální hodnotou než v zimě (vliv několika málo odlehlejších hodnot v létě), ale přesto má zimní měření jako celek o něco vyšší směrodatnou odchylku. Celkově se dá říci, že obě měření na hladině zátopy na Kozinci dávají podobné hodnoty a neprojevuje se zde tak velký rozdíl, jako u DNH (proto bylo možno obrázky 13, 14 a 15 konstruovat pomocí stejných barevných škál rozsahů). Důvodem je to, že obě měření na Kozinci probíhala v deficitním období. To je v souladu se závěrem vyhodnocení měření na bodech, umístěných na přibližně stejných pozicích (viz bod 2 v závěru str. 49). Naopak u teploty je jednoznačně vidět ochlazení vody, související s ročním obdobím (změna mezi létem a zimou v % má ve všech statistických veličinách záporné znaménko, znamenající jejich pokles od léta do zimy).

Tabulka 15: srovnání výsledků měření chloridů ( $\text{mg.l}^{-1}$ ) a teploty vody ( $^{\circ}\text{C}$ ) na Kozinci

statistická veličina	Cl <sup>-</sup> : ze všech hodnot		Cl <sup>-</sup> : ze stejných hodnot z hladiny		
	r. 2013	r. 2014	r. 2013	r. 2014	změna (%)
počet měření	185	79	28	28	2013=100
průměr	675	898	444	443	0
medián	490	528	483	484	0
minimum	39	52	129	165	+28
maximum	3 574	5081	601	554	-8
rozdíl max. - min.	3 535	5029	471	389	-18
směrodatná odchylka	800	966	91	107	18
statistická veličina	teplota: ze všech hodnot		teplota: ze stejných hodnot z hladiny		
	r. 2013	r. 2014	r. 2013	r. 2014	změna (%)
počet měření	181	73	22	22	2013=100
průměr	20	7	21	8	-62
medián	20	7	21	8	-62
minimum	13	6	18	7	-61
maximum	24	12	24	11	-54
rozdíl max. - min.	11	6	6	4	-33
směrodatná odchylka	3	1	1,4	1,0	-29

Srovnání dosažených výsledků na stejných bodech přineslo ještě jeden výsledek. Pokud se prověří procentuální rozdíly mezi letním a zimním měřením na jednotlivých 28 bodech, zjišťujeme následující:

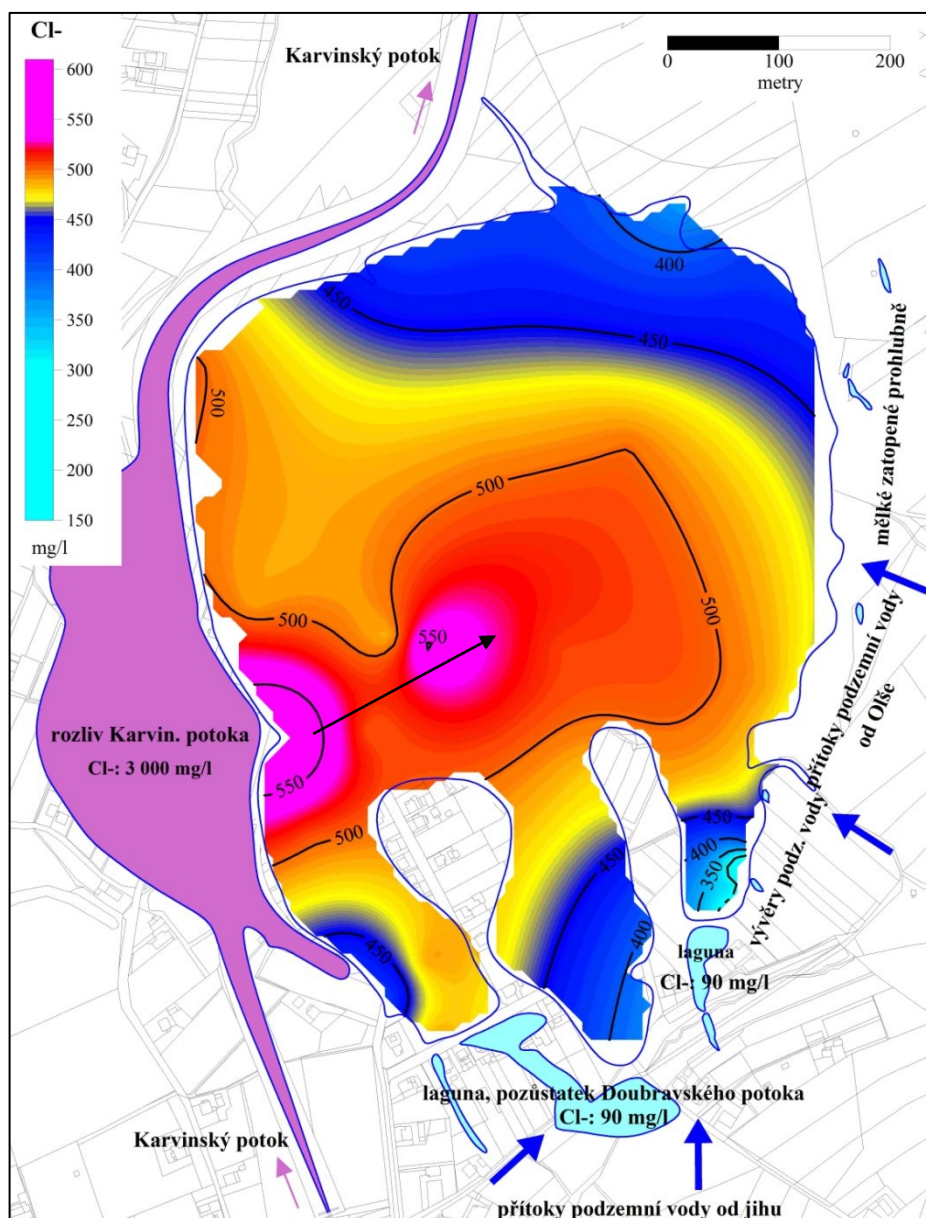
- 1) u většiny (15) bodů se výsledky letního a zimního měření liší jen do 10 %;
- 2) u 8 bodů se v zimě zvýšila koncentrace chloridů o více než 10 % (většinou o více než 20 %; tyto body jsou na SSV a Z okraji zátopy (Karvinský potok);
- 3) u zbylých 5 bodů naopak koncentrace chloridů v zimě poklesla a jsou to body na JV okraji zátopy (laguny, vývěry podzemní vody).

Z toho plyne, že v zimě se zvýšilo vyslazování vody na JV okraji vlivem vývěrů podzemních vod a zároveň se zvýšila mineralizace vody na západním okraji zátopy vlivem Karvinského potoka. Taky se zvýšila mineralizace na severním okraji zátopy.

To je vidět i na obrázku 15 (letní měření s redukováným počtem bodů podle zimního měření) ve srovnání s obrázkem 13 (zimní měření s využitím plného počtu bodů na hladině zátopy). Porovnáním těchto obrázků je patrné, že v létě je větší rozsah vyslazené vody (modrá barva) na S až SV okraji zátopy, kdežto přítok sladké vody od JV je méně intenzivní. „Jazyk“ slané vody od Karvinského potoka vybíhá ve směru od ZJZ k VSV. V zimě je o něco rozsáhlejší přítok sladší vody od JV a je vyšší úroveň zasolení na severním i na západním okraji zátopy. Směr „jazyka“ slané vody od Karvinského potoka má spíše směr od ZSZ k VJV. Důvod této změny může být např. změna proudění větru (v zimě více od severu, v létě více od jihu), zvýšení koncentrace chloridů v Karvinském potoce (v létě  $3 \text{ g.l}^{-1}$ , v zimě až  $4,5 \text{ g.l}^{-1}$ ) nebo i pokračující zahlubování zátopy vlivem trvajících poklesů terénu (viz obrázky 29 a 30 fotodokumentace), kdy se mohla snížit těsnost hrázky mezi potokem a zátopou. Důvod změny mineralizace na severním okraji není jasný (snad opět vliv proudění větru?).

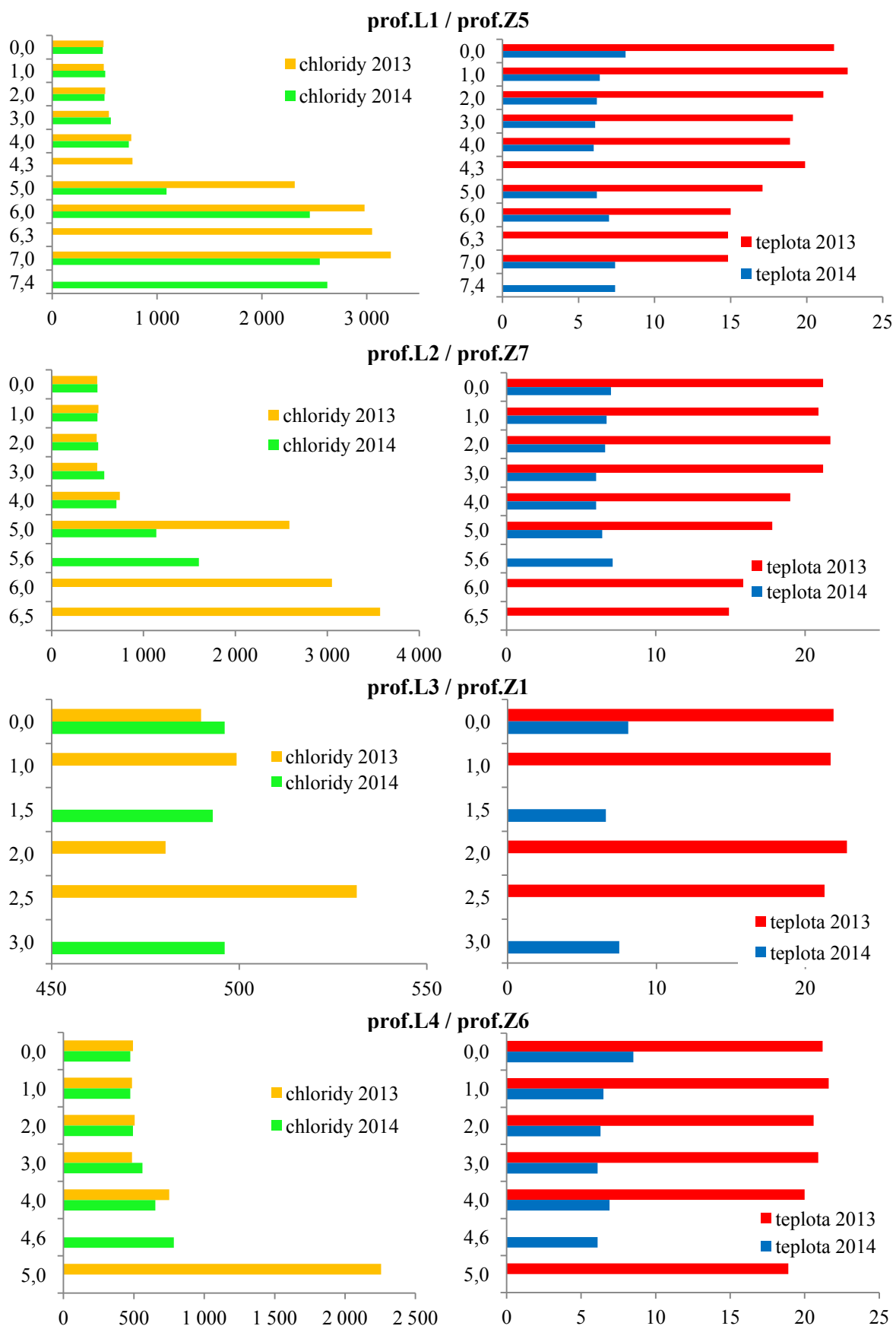
Vzájemným porovnáním obou obrázků pro letní měření s využitím různého počtu bodů (obrázek 13 - plný počet bodů na hladině zátopy a obrázek 15 - redukováný počet bodů podle zimního měření) je vidět, že generelní charakter se nezměnil. To dokládá, že rozdílné množství bodů nemá na výsledek tak velký vliv, aby vedl k nesprávným závěrům. Stejně jako u plného počtu bodů je vidět průsaky salinní vody z Karvinského potoka od JZ i přítoky z lagun a vývěrů od J (s poklesem počtu bodů měření poklesl i počet těchto anomálií ve srovnání s obrázkem 13). Taky je na obou obrázcích zachováno maximum koncentrací v místě největší hloubky zátopy.



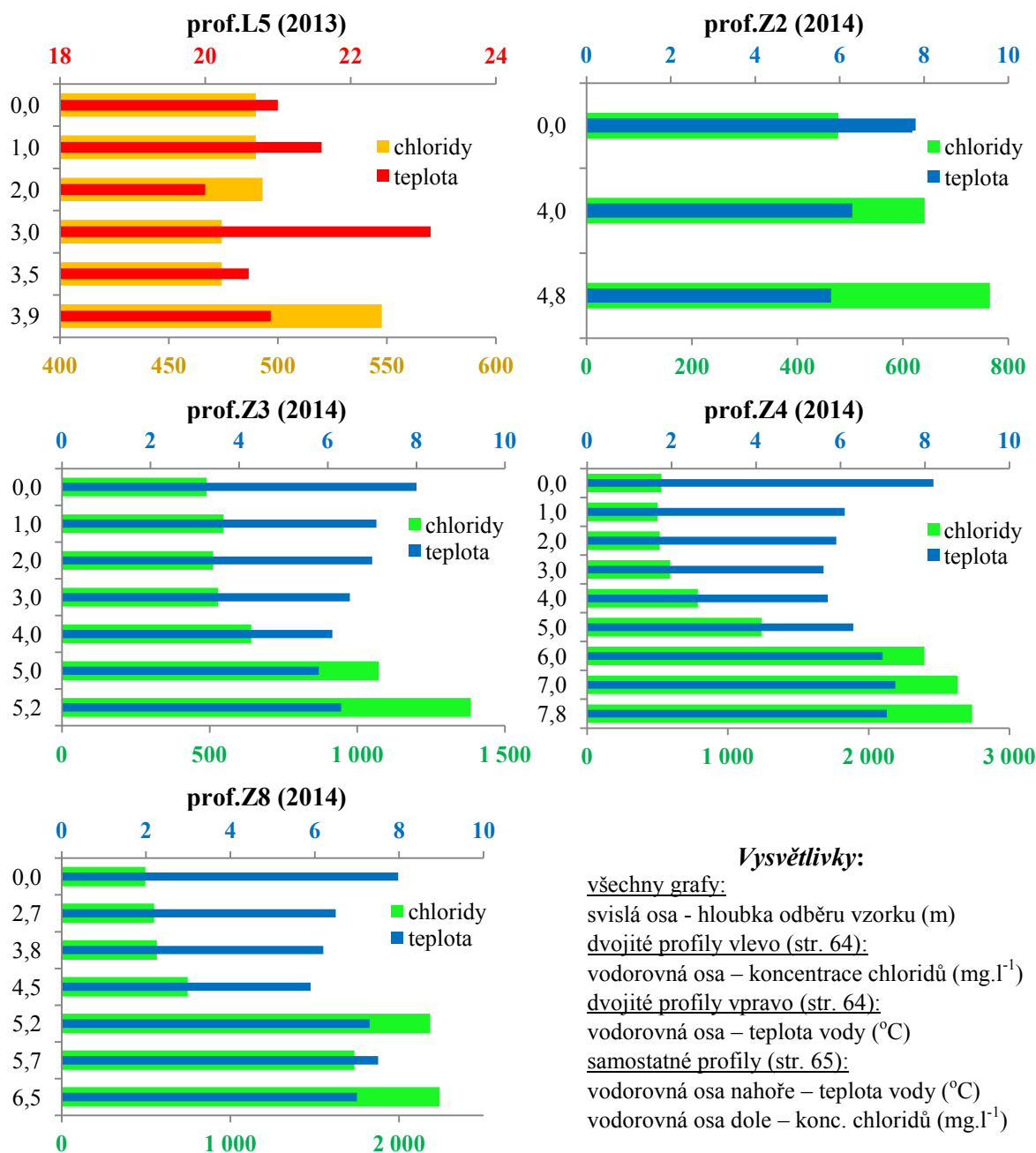


Obrázek 15: Kozinec2013 – koncentrace chloridů na hladině ( $\text{mg.l}^{-1}$ ), z redukovaného počtu měřených bodů

Důležité výsledky poskytlo měření v hloubce zátopy. Ukázalo se, že zde existuje výrazná hloubková stratifikace koncentrace chloridů, která se navíc mírně mění se změnou teploty vody. Grafické znázornění je ve sdruženém obrázku 16. Jsou tu seřazeny jak „dvojitě“ profily, měřené přibližně ve stejném místě v létě 2013 i v zimě 2014 (označeno oběma názvy profilů oddělených lomítkem; Z=zimní, L=letní), tak i samostatné profily, měřené jen v jednom časovém období. Pro „dvojprofily“ je pro přehlednost zobrazena vlevo koncentrace chloridů a vpravo teplota vody. Pro samostatné profily jsou oba tyto parametry v jediném grafu s využitím vedlejší osy pro teplotu (na horním okraji grafů).







Obrázek 16: Kozinec – hloubková stratifikace koncentrace chloridů a teploty vody

S ohledem na malé rozměry grafů jsem upustila od popisu vodorovných os. Pro chloridy (vlevo) je vodorovná osa určena pro jejich koncentraci v mg.l<sup>-1</sup>, pro teplotu vody (vpravo) jsou na ose °C. Stejně i u samostatných grafů se na dolním okraji osa pro koncentraci chloridů v mg.l<sup>-1</sup>, vedlejší osa na horním okraji je určena pro teplotu vody ve °C. Na svislé ose je ve všech případech vynesena hloubka odběru vzorku v metrech.

Jak jsem výše uvedla, podnětem k zonálnímu vzorkování byly výsledky z bodů 335 a 336 (pouze do hloubky 2,5 m). V obou případech ale bylo zjištěno mírné zvýšení vodivosti s hloubkou (celkově z 2,24 na 2,38 mS.cm<sup>-1</sup>).

Následně byly během letního vzorkování 2013 odebrány zonální vzorky na 5 profilech (označeno „prof.L1“ až „prof.L5“). Nejdelší jsou profily L1 a L2, které dosahují do hloubky 7,4 resp. 6,5 m. V těchto nejhlubších místech zátopy byl v létě mezi teplotou vody u dna a teplotou vody u hladiny zjištěn rozdíl 7 až 8 °C (z 22 na 15 °C). Přitom od hladiny do cca 2 až 3 m je teplota přibližně stejná, nebo dokonce mírně roste; pak do hloubky již stejnoměrně klesá. Zároveň byl zjištěn rozdíl koncentrace chloridů 2,7 až 3,1 g.l<sup>-1</sup> mezi minimální hodnotou u hladiny (500 mg.l<sup>-1</sup>) a maximální hodnotou u dna (3,2 až 3,6 g.l<sup>-1</sup>). Růst koncentrace do hloubky přitom není lineární. Do hloubky 3 m je koncentrace přibližně stejná - kolem 500 mg.l<sup>-1</sup> - nebo jen mírně stoupá (viz všechny profily „L“, detailně L3). V hloubce 4 m začíná rychlejší růst (na cca 550 až 600 mg.l<sup>-1</sup> – viz profily L1, L2, L4 a L5); **mezi 4. a 5. m následuje skokový růst** na hodnotu přes 2 g.l<sup>-1</sup> (2,3 až 2,5 g.l<sup>-1</sup>), tj. na více než 4-násobek hodnoty na hladině (L1, L2 a L4). Další růst koncentrace chloridů směrem ke dnu, kde je nejvyšší (kolem 3 g.l<sup>-1</sup>), je už pomalejší.

Počátkem března 2014 bylo prověřeno 8 profilů (označeno „prof.Z1 až prof.Z8“), z toho 4 profily přibližně na stejných místech, jako v létě (viz „dvojitě profily“ v první části obrázku 15 na str. 64). Měřením teplot jsem zjistila mezi hladinou a dnem rozdíl teploty vody jen 1 až 2,5 °C. Svědčí to o lepší teplotní homogenitě vody, než v letním období, protože v zimním období se voda shora neprohřívá a teplotní rozvrstvení je méně výrazné. Z teplotních grafů na obrázku 15 je navíc vidět, že v zimě je nejnižší teplota vody v hloubce 3 až 4 m (u profilů Z3 a Z8 v hloubce 4,5 až 5 m) a odtud k hladině i ke dnu roste.

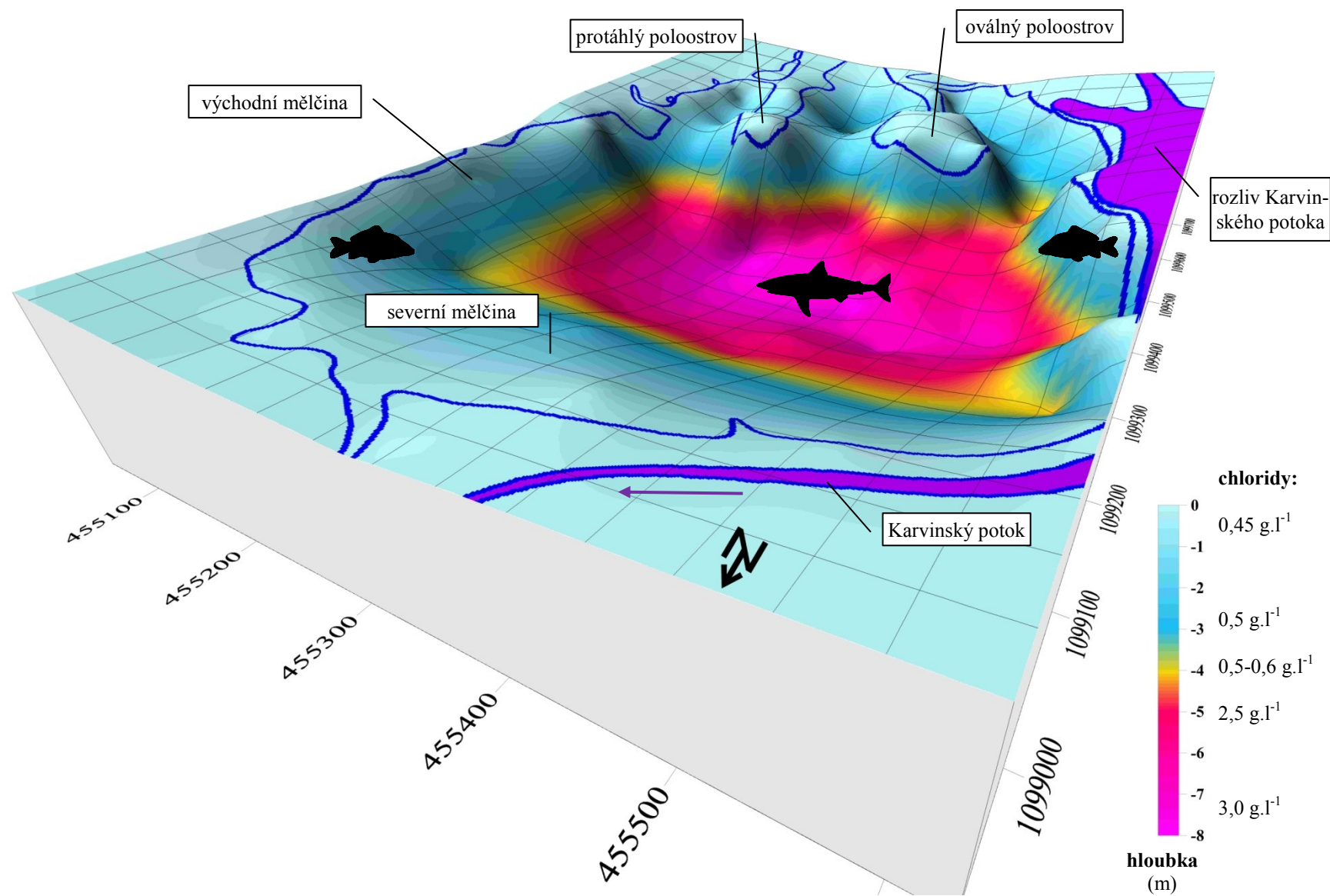
Zároveň jsem ve srovnání s létem zjistila i změnu ve stratifikaci koncentrace chloridů. I v zimním období je výrazný rozdíl mezi koncentrací chloridů u hladiny a u dna. V nejdelších profilech (přes 7 m - prof.Z4 a Z5) je rozdíl cca 2,2 g.l<sup>-1</sup>, přičemž hodnoty koncentrace chloridů na hladině jsou v létě i v zimě prakticky stejné (cca 500 mg.l<sup>-1</sup>) a u dna v největší hloubce je 2,6 až 2,7 g.l<sup>-1</sup> (v létě až 3 g.l<sup>-1</sup>). Významná změna mezi létem a zimou je v hloubce od 4 m. Letní skokový růst mezi 4. a 5. metrem v zimě nebyl tak

výrazný (viz profily Z5, Z6 a Z7 ve srovnání s profily L1, L4 a L2); i krátký dvojité profil L3/Z1 naznačuje rychlejší růst koncentrace chloridů v létě. Pouze profil Z8 má v hloubkovém intervalu 4,5 – 5,2 m skokový růst ze 750 na 2 200 mg.l<sup>-1</sup>, u ostatních zimních profilů se **zóna výrazného růstu rozšiřuje na hloubkový interval 4 - 6 m**, takže růst salinity od 4 m ke dnu je plynulejší a má kvadratický charakter. Od 6. m ke dnu je růst koncentrace opět pomalejší a i hodnota koncentrace u dna v zimě je nižší, než v létě.

Z výsledků měření teploty a konduktivity vody a následného výpočtu koncentrací chloridů vyvozují, že v létě díky teplotní stratifikaci je zároveň zvýrazněné rozvrstvení mineralizace. Oba stratifikační faktory působí totiž souhlasně. Ohříváním vody shora se omezuje možnost vertikální výměny vody, protože teplejší voda má tendenci stoupat, kdežto chladná voda klesá. Rovněž hustší mineralizovaná voda, která je zároveň výrazně chladnější, se drží u dna. V zimě se ale podstatně stírají rozdíly teplot mezi hladinou a dnem. Tím slábne teplotní stratifikační efekt a voda má lepší možnost vertikálního proudění. To má 2 projevy – v zimě je (ve srovnání s létem) jednak u dna nižší hodnota koncentrace chloridů (a celkové mineralizace vody) a jednak se tato salinní vrstva od dna „zvedá“, mísí se lépe s vodou ve vyšších vrstvách a tím se stírá letní skokový růst mineralizace v hloubce 4 - 5 m. Zároveň jsem zjistila, že v zimě je nejchladnější voda v hloubce 3 až 4 m; odtud směrem nahoru i dolů roste. I to může vést k podpoře vertikálního proudění od dna vzhůru, takže se voda lépe mísí a stírá se uvedený „letní skok“ v hloubce 4 - 5 m.

Tento charakter vertikální stratifikace platí v rámci celého jezera, tzn. v mělčích místech s hloubkou do 4 m (jižní zálivy, severní a východní mělčiny) koncentrace chloridů (a tím i celková mineralizace vody) s hloubkou stoupá jen mírně. Platí tedy, že v mělčinách zátopy na Kozinci je voda méně mineralizovaná v celém vodním sloupci. V místech s hloubkou do 3 m se dá voda označit za víceméně homogenní a i přes deficit v době obou měření odpovídá charakteru vody v DNH na jaře 2011. Zóna 3 až 4 m pak odpovídá vodě v DNH v době deficitu na podzim 2013. Od hloubky 4 m je salinita již vyšší, než v DNH.

Ilustrativní znázornění tohoto rozvrstvení koncentrace chloridů s hloubkou je na obrázku 17.



Obrázek 17: Kozinec – hloubková stratifikace koncentrace chloridů ( $\text{mg.l}^{-1}$ ), pohled od SSZ

## 12. Závěr

Z mých výsledků a podkladů, které jsem v diplomové práci shromáždila, vyvozují tyto závěry:

1) Ověřila jsem použitelnost měření elektrické konduktivity vody pro potřebu stanovení chloridů a celkové mineralizace. Rozdíl mezi mnou změřenou vodivostí a vodivostí určenou v laboratoři je do 10%, u méně mineralizovaných vod pod 6%. Použitelnost ale není univerzální. Je velmi vhodná pro samotné důlní vody, kde chloridový ion (spolu se sodným) výrazně převažují a tvoří podstatnou většinu celkové mineralizace. Proto má graf na obrázku 7 tak vysokou spolehlivost. Použitelnost je dobrá i pro povrchovou vodu, pokud je smísená s důlní vodou, i když její přesnost klesá (nižší spolehlivost grafu na obrázku 6). Nelze ji použít pro jakoukoli vodu; použitelnost metody je nutno nejdříve ověřit dostatečným množstvím přímého stanovení chloridů a vodivosti v laboratoři.

2) Pro směs vody s nižším množstvím důlních vod, kdy konduktivita vody je méně než  $320 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$ , je vhodné pro přepočet vodivosti na koncentraci chloridů použít vzorec podle Povodí Odry a.s. (1). Pro směs vody s vyšším množstvím důlní vody, kdy konduktivita roste od  $320 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$  výše, je třeba pro přepočet vodivosti na koncentraci chloridů použít vzorec (2).

3) Ověřila jsem, že v Dávkovací nádrži Heřmanice prakticky nedochází k hloubkové stratifikaci vody v závislosti na její mineralizaci. Voda je ve vertikálním směru homogenní. Co se týká homogenizace vody v horizontálním směru, přítoky do DNH – Stružka a Korunka – se projevují jako bodové imisní zdroje, jejichž výrazně rozdílný charakter mineralizace se na krátké vzdálenosti vlivem mísení stírá. Přesto je na hladině pozorovatelný průběh mísení, jehož intenzita se ale mění v závislosti na klimatických faktorech (v deficitním období je pozorovatelná hůře). V místě výstupu vody z DNH je již voda spolehlivě homogenizována a její mineralizace nevykazuje podstatné výkyvy. Způsob mísení vod v DNH odpovídá charakteru nádrže – mělká a průtočná nádrž s výtokem na opačné straně, než přítoky. V deficitním období je homogenita vody nižší, než ve vodném období.

4) Hydrochemický charakter vody v DNH nemá negativní dopad na zdravotní stav místní rybí populace ani na navazující ekosystém. Určité problémy jsou neprůkazně pozorovány jen u kapra ve vazbě na kulení rybiho plůdku (patrně ztlustění stěny jiker). Pro objektivizaci tohoto výroku by ale bylo nutno provést specializovaný výzkum.

5) Rozdílnější situace je v případě poklesové zátopy Kozinec. Měřením konduktivity na poklesové zátopě jsem zjistila jen nevýznamné rozdíly v koncentraci chloridů (a tedy v mineralizaci vody) na hladině v horizontálním směru a tedy dobrou homogenitu vody. Nepotvrdil se původně předpokládaný vliv Karvinského potoka formou výrazného (řádového) růstu mineralizace ve směru od východu (Olše) k západu (Karvinský potok). Vyslazení vody je sice v zátopě patrné na jihovýchodním okraji, odkud do jezera přitéká podzemní voda; vliv těchto přítoků ale na několika prvních metrech od břehové čáry mizí. Předpokládám, že k dobré horizontální homogenizaci přispívá proudění vody od JZ (od Karvinského potoka) vyvolané větrným prouděním. Právě tento faktor má zřejmě vliv na rozdílném směru šíření mineralizované vody od Karvinského potoka do zátopy: v létě více od ZJZ, v zimě spíše od ZSZ. Ve srovnání s DNH tedy plyne, že je lepší homogenita vody v horizontálním směru, když není do nádrže přímý vtok.

Naopak jsem zjistila výraznou vertikální stratifikaci mineralizace vody v zátopě, která je zvýrazněna i stratifikací teplotní (kdy studená voda klesá a teplá voda stoupá; u zátopy tedy shora vzduchem ohřátá voda drží chladnou vodu u dna a omezuje vertikální výměnu vody).

Měřením jsem tedy prokázala, že důlní voda v Karvinském potoce ovlivňuje vodu v poklesové zátopě především ve vertikálním směru. Je pravda, že mezi mineralizací vody v Karvinském potoce a v zátopě v hloubce do 3-4 m je výrazný rozdíl (mineralizace potoka je 6 až 9 x vyšší), voda v hloubce zátopy (pod 5 m) je ale už jen 1,5 x nižší než v Karvinském potoce; v nejnižších úrovních zátopy (pod 6 m) je stejná jako v potoce. Oddělovací hráz mezi potokem a zátopou tedy znemožňuje neomezené mísení obou struktur; vliv Karvinského potoka je ale jednoznačný. Je sporné, jestli je průsak přes hráz (informační tabule zmiňuje jílový těsnící koberec na západní straně hráze) nebo voda pronikla před jejím zbudováním. Podle výsledků měření (viz obrázky 13 resp. 15 a obrázek 14) jsou pravděpodobné trvalé průsaky, které se patrně zvyšují v souvislosti s trvajícím poklesy terénu.

6) Hodnocení dopadu na rybí populaci je obtížnější, než v případě DNH, protože jde o mladý revír, který navíc není (a nebude) plánovitě obsazován sádkou, jako je tomu u DNH. Zkušenosti s odlovem jsou zde jen krátkodobé. Při nedostatku literárních zdrojů na téma vlivu chloridů na ryby jsem odkázána na zkušenosti a ústní informace; čerpám i z materiálu Polášek et al. (2010) a konzultace s tímto autorem. Podle těchto podkladů odhaduji, že podmínky k bezproblémovému životu a především k rozmnožování sladkovodních ryb v poklesové zátopě Kozinec se budou v rámci zatopeného objemu lišit. Domnívám se, že ryby budou preferovat hloubkový interval do 4 m a budou se vyhýbat největším hloubkám. Z toho plyne, že ty druhy, které se zdržují u dna, se budou patrně zdržovat přednostně v mělčích částech jezera, kde se mineralizace vody pohybuje v hodnotách podobných jako na DNH (cca do 1 g.l<sup>-1</sup>). Hlavní negativní dopad vysoké salinity bude zřejmě na obojživelníky, kteří podle studie Polášek et al. (2010) jsou na zvýšenou sodno-chloridovou mineralizaci citlivější než ryby. Proto je důležité v rámci rekultivace vytvořit laguny a jezírka spolehlivě oddělená od poklesové zátopy, aby zde obojživelníci našli útočiště. Tato jezírka je nejvhodnější umístit na východní a jižní straně, odkud do jezera přitéká podzemní voda.

7) Posledním cílem mé práce bylo porovnat způsob mísení důlních vod ve stojatých vodách s mísením v tekoucích vodách (sledovala jsem v rámci bakalářské práce). Mísení a postup homogenizace této směsi jsem sledovala jen na několika vodních útvarech. To neumožňuje příliš široké zobecnění závěrů. Přesto zjištěné poznatky sumarizuji takto:

- V tekoucích vodách se mineralizace vody měnila na krátkou vzdálenost i řádově a dominantní tady byl vliv proudění a velikosti okamžitého průtoku vody. Homogenizace byla lepší při deficitních vodních stavech než při průměrných průtocích (sledování mísení při nadprůměrných průtocích jsem z důvodu nevhodných klimatických poměrů nesledovala). Faktor omezující mísení je síla toku v recipientu, která udržuje boční přítok důlních vod po dlouhý úsek odděleně podél břehu. Naopak při nízkých průtocích v tekoucích vodách je mísení lepší, protože slabší proud v recipientu neklade bočnímu přítoku důlních vod odpor. Difúze nemá příliš velký význam. Vliv teploty vody na průběh mísení jsem nezjistila, vliv větru se nedá předpokládat.
- U stojatých vod je homogenizace obecně podstatně lepší. Je to dáno tím, že rychlost proudění vody je výrazně nižší než u tekoucích vod a netvoří se navzájem oddělené zóny s vodou rozdílné salinity (to je v souladu s pozorováním v tekoucích vodách - viz

předchozí odrážka). Vliv zde má hloubka nádrže (čím mělkší nádrž, tím lepší homogenizace ve vertikálním směru), difúze i teplota. Objem nádrží působí jako prvek omezující proudění a podporující difúzi. Výrazný mísicí prvek je vítr. Důležité taky je, jestli je nádrž napájena přímým vtokem (DNH), nebo infiltrací (Kozinec). U přímého napájení se na mísení projevuje okamžitá vodnost - v deficitním období je nižší homogenita než při průměrných nebo mírně nadprůměrných stavech (opačná závislost než u tekoucích vod; velikost přítoku důlních vod se totiž neřídí klimatem a při nedostatku ředící prosté vody se na chemismu vod projevuje více). U napájení infiltrací se okamžitá vodnost období na změnách homogenity vody neprojevuje (nízká rychlost vtoku vody do nádrže daná odporem filtračního materiálu).

- V případě DNH jako příkladu mělké akumulace stojatých vod je homogenita v celém objemu nádrže nejlepší. Dochází zde k pomalému mísení jak v horizontálním, tak ve vertikálním směru. Dobrým mísícím prvkem je vítr a dále oteplování a ochlazování svrchních vrstev vody, díky kterým vzniká konvekční vertikální proudění. Tím dochází k cirkadiánnímu promíchávání vrstev vody. Protože je nádrž mělká, promíchávání je v celém vodním objemu. Jak jsem ale uvedla v předchozí odrážce, v deficitním období je homogenita vody nižší, než ve vodním období, tedy opačná závislost, než u tekoucích vod.
- U nádrže Kozinec jako příkladu hlubší akumulace stojatých vod je dobrá homogenita vody v horizontálním směru, která patrně nebude příliš závislá na vodnosti období (přítok infiltrací); obě měření jsem ale prováděla při vodním deficitu, takže by bylo třeba tento předpoklad ověřit. Stejně jako u DNH je významný mísicí prvek vítr. Na rozdíl od mělké DNH u hlubší nádrže Kozinec existuje výrazná hloubková stratifikace mineralizace, která se zároveň kombinuje s teplotní stratifikací. V létě, kdy je teplotní zonalita výraznější, je výraznější i zonalita mineralizace. V zimě se teplotní rozdíly stírají a změny v mineralizaci vody ve svislém směru nejsou tak výrazné.

Z konzultací s odborníky zabývajícími se lokalitou Kozinec plyne, že dosažené výsledky jsou nové. Protože se v oblasti počítá s dalšími významnými poklesy terénu a zátopa se bude zahluňovat, bylo by vhodné monitorovat hloubkovou stratifikaci vody i dále. Výsledky by posloužily pro plánování budoucího biologického oživení lokality i pro studijní účely. Je ale třeba vybudovat stabilní vzorkovací síť bodů, aby se odběry a měření



v čase prováděly pokud možno ve stejných místech. Domnívám se, že nesterilnost vzorkovací sítě a různý počet měřících bodů je hlavním nedostatkem mé práce. Výsledky je nutno brát jako prověření výchozího stavu. Zároveň zdůrazňuji, že rozhodnutí o 2. řadě (zimní) vzorkování na Kozinci padlo až dodatečně - po zhodnocení výsledků, takže nebylo možno si dopředu pro obě časové řady připravit jednotnou síť bodů.

### 13. Seznam literatury

1. ČERNÝ, J. A KOL. (2003). *Uhelné hornictví v Ostravsko – karvinském revíru*. Monografie. Anagram, Ostrava. ISBN 80-7342-016-3.
2. DVORSKÝ, J., MALUCHA, P., GRMELA, A., RAPANTOVÁ, N. (2006). *Ostravsko-karvinský detrit - spodnobádenská bazální klastika české části Hornoslezské pánve*. Monografie. Montanex, Ostrava. ISBN 80-7225-231-3.
3. EKOTECHNIKA, SPOL. S.R.O. (2014). *Přístroje pro monitoring životního prostředí, zemědělství, geologii, hydrologii, pedologii, meteorologii a fyziologii rostlin*. [online]. [cit. 2014-4-14]. Dostupné na WWW: <http://www.ekotechnika.cz/terenni-merici-pristroje-zakladni>; k 14.4.2014.
4. FARKAČ, J., KRÁL, D., ŠKORPÍK, M. (2005). *Červený seznam ohrožených druhů České republiky*. Bezobratlí. List of threatened species in the Czech Republic. Invertebrates. – AOPK ČR, Praha, 760 pp.
5. HANEL, L., LUSK, S. (2003). *Červený seznam ryb a mihulí České republiky*. - In: PLESNÍK J., HANZAL V. & BREJŠKOVÁ L. [eds.], *Červený seznam ohrožených druhů České republiky*. Obratlovci. - Příroda, Praha, 22: 73-82.
6. HANEL, L., LUSK, S. (2005). *Ryby a mihule České republiky: rozšíření a ochrana*. ZO ČSOP Vlašim, Vlašim, 447 pp.
7. IN POČASÍ (2014). *Archiv počasí, klima české republiky*. [online]. [cit. 2014-4-14]. Dostupné na WWW: <http://www.in-pocasi.cz/archiv/>; k 30.3.2014
8. MALUCHA, P. (1999). OKD, a.s., Důl ČS. Armády, o.z. – dobývací prostor, prognóza ohrožení terénu vodou pro rok 2003. Paskov. OKD, DPB, a.s. MS.
9. MALUCHA, P., HOTÁREK, V. (2006-2014): Důl ČSA: Doubrava – Kozinec: vyhodnocení monitoringu. Roční zpráva. Paskov. Green Gas DPB, a.s. MS.
10. MALUCHA, P., ŠMOLKA, M., RYŠKA, L., HOTÁREK, V. (2008). Řešení hydrogeologických poměrů po uzavření činných dolů OKD, a.s. – studie. Paskov, Green Gas DPB, a.s. MS.
11. MALUCHA, P. (2011). Dávkovací nádrž Heřmanice – možnost zvýšení přítoků důlních vod – 1. část. Interní materiál pro vedení Green Gas DPB, a.s. Paskov. Green Gas DPB, a.s. MS.

12. MALUCHA, P. (2012). Dávkovací nádrž Heřmanice – možnost zvýšení přítoků důlních vod – 2. část. Interní materiál pro vedení Green Gas DPB, a.s. Paskov. Green Gas DPB, a.s. MS.
13. MALUCHOVÁ, J. (2009). *Dávkovací nádrž Heřmanice: ovlivnění kvality vod*. Ročníková práce pro předmět Úvod do ochrany životního prostředí.
14. MALUCHOVÁ, J. (2011). *Kontaminanty typické pro hornickou oblast OKR (síran, chloridy, selen, PAU, amonné ionty)*. Seminární práce pro předmět Kontaminanty životního prostředí v rámci studia na VŠB-TU v Ostravě, IEI.
15. MALUCHOVÁ, J. (2012). Mísení důlních vod s povrchovými vodami ve vybraných recipientech – bakalářská práce, VŠB-TU Ostrava.
16. MALUCHOVÁ, J. (2009-2013). *OKD, a.s., vyhodnocení vodního hospodářství*. Roční závěrečné zprávy. Green Gas DPB, a.s. MS.
17. MAŠKOVÁ, E., MALUCHA, P. (2011). *Vliv vypouštění důlních vod na jakost vod povrchových v povodí řeky Odry*. Konference HYDROGEOCHÉMIA'11, VŠB – Ostrava, 14-15.6.2011, Sborník pp. 23-26. ISBN 978-80-248-2441-3.
18. MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČESKÉ REPUBLIKY (2014 a). *Integrovaný registr znečištění*. [online]. [cit. 2014-4-12]. Dostupné na WWW: <http://www.irz.cz/repository/latky/chloridy.pdf>; k 14.4.2014.
19. MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČESKÉ REPUBLIKY (2014 b). *Integrovaný registr znečištění*. [online]. [cit. 2014-4-12]. Dostupné na WWW: <http://www.irz.cz/node/131>; k 14.4.2014.
20. PIŠTA, J. (1961). *Ostravsko-karvinský detrit*. Účelová publikace Ministerstva paliv a energetiky. Praha.
21. PITTER, P. (1987). *Hydrochemické tabulky*. 1th ed. Praha: SNTL Praha, 04-628-87.
22. PITTER, P. (2009). *Hydrochemie*. 4th ed. Praha: VŠCHT Praha, ISBN 978-80-7080-701-9.
23. PLESNÍK, J., HANZAL, V., BREJŠKOVÁ, L. (2003). *Červený seznam ohrožených druhů České republiky*. Obratlovci. - Příroda, Praha, sv. 22.
24. POLÁŠEK, Z., BIRKLEN, P. KLEMENSOVÁ, M. (2004). Stavba: úprava pozemků včetně Karvinského potoka v prostoru Špluchov – 2. část (doplnění k

- biologickému hodnocení). – Ms. IX. 2004 [Depon. in: archiv Festuca (Ostrava), OKD a. s., Rekultivace, a.s. (Havířov)].
25. POLÁŠEK, Z., LOJKÁSEK, B., BOŽA, P., VAŘECHA, D., ZEDNÍKOVÁ, V. (2010). *Rybářský poloostrov – sever a Protáhlý ostrov*. Zoologická studie s doporučeními pro 1. etapu stavební akce: Rekultivace území Kozinec.
26. POVODÍ ODRY, a.s. (2008). Provozní a manipulační řád pro Dávkovací nádrž v Ostravě-Heřmanicích. Green Gas DPB, a.s., 2008.
27. POVODÍ ODRY, a.s. (2014). *Průvodní listy útvarů povrchových vod*. [online]. [cit. 2014-4-12]. Dostupné na WWW: [http://www.pod.cz/plan-oblasti-povodi-Odry/inf\\_listy/prilohy/](http://www.pod.cz/plan-oblasti-povodi-Odry/inf_listy/prilohy/); k 15.4.2014.
28. PRUNER, L., MÍKA, P. (1996). Seznam obcí a jejich částí v České republice s čísly mapových polí pro síťové mapování fauny. – KLAPALEKIANA 32: 1–115.
29. RAŠKA, V. (2014). *Heřmanický rybník - informace a pravidla rybolovu na revíru Heřmanický rybník* [online]. [cit. 2014-4-12]. Dostupné na WWW: <http://www.aska-rybolov.com/>; k 30.3.2014.
30. RYŠKA, L. (2004). *Ovlivnění povrchových toků vypouštěnými důlními vodami z Dolů ČSM, Darkov a ČSA*. Studie. Green Gas DPB, a.s. MS.
31. RYŠKA, L. (1998-2008). *OKD, a.s., vyhodnocení vodního hospodářství*. Roční závěrečné zprávy. Green Gas DPB, a.s. MS.
32. SÍBRT, M. (2013). *Kozinec: Příklad nového přístupu k rekultivacím*. 2/2013 - 3.7.2013 [online]. [cit. 2014-4-12]. Dostupné na WWW: <http://www.newworldresources.eu/cs/media/open-mine/open-mine-02-2013/kozinec-priklad-noveho-pristupu-k-rekultivacim>; k 30.3.2014.
33. ŠVEHLÁKOVÁ, H., NOVÁKOVÁ, J., MELČÁKOVÁ, I. (2006). *Ekologické aspekty technické hydrobiologie*. Multimediální výukový text v rámci Projektu FRVŠ 1172/2006/F1/d. VŠB – TU, HGF, IEI. Ostrava. [online]. [cit. 2014-4-19]. Dostupné na WWW: <http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/>; k 19.4.2014.

34. URBAN, J. (2013). *Rychvald-posouzení SEA a Natura 2000* [online]. [cit. 2014-4-12]. Dostupné na WWW: <http://www1.uso.cz/public/RYCHVALD/NATURA%20Rychvald/>; k 12.4.2014.
35. URBANISTICKÉ STŘEDISKO OSTRAVA, S.R.O. (2013). *Územní plán Rychvaldu*. [online]. [cit. 2014-4-12]. Dostupné na WWW: [http://www.mesto-bohumin.cz/data/uzemni\\_plan/uzemni\\_plan\\_rychvald\\_2013\\_I\\_A\\_Textova\\_cas\\_t\\_UP\\_Rychvald\\_03-2013.pdf](http://www.mesto-bohumin.cz/data/uzemni_plan/uzemni_plan_rychvald_2013_I_A_Textova_cas_t_UP_Rychvald_03-2013.pdf); k 10.4.2014.
36. VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T.G.MASARYKA (2014). *Hydroekologický informační systém* [online]. [cit. 2014-4-12]. Dostupné na WWW: <http://www.heis.vuv.cz>; k 25.3.2014.
37. YOUNGER, P. L., BANWART, S. A., HEDIN, R. S. (2002). *Mine Water: Hydrology, Pollution, Remediation*. Kluwer Academic Publishers, 2002. ISBN 1-402-00138-X.

## 14. Seznam legislativy

- Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) ve znění zákona č. 273/2010 Sb.
- Zákon č. 44/1988 Sb. o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon), ve smyslu změn k 1.1.2013 (350/2012 Sb.)
- Nařízení č. 61/2003 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve smyslu změn NV 229/2007 Sb. a 23/2011 Sb.
- Vyhláška č. 98/2011 Sb. o způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod, způsobu hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu povrchových vod
- Magistrát Města Ostravy (2007). Rozhodnutí č. 2338/07/VH O povolení k nakládání s vodami, zn. OŽP/6372/07/Ni/Re/10.

## 15. Seznam příloh

Příloha 1:	Celková mapa zájmového území 1 : 100 000
Přílohy 2.1-2.2:	Mapy vzorkovacích míst
Příloha 2.1:	Dávkovací nádrž Heřmanice, 1 : 7 000
Příloha 2.2:	Poklesová zátopa Kozinec, 1 : 3 000
Příloha 2.3:	Poklesová zátopa Kozinec - detail jižní části, 1 : 1 500
Příloha 3:	Protokoly hydrochemických analýz
Přílohy 4.1-4.4:	Tabulky výsledků měření
Příloha 4.1:	DNH - tabulka výsledků měření, květen 2011
Příloha 4.2:	DNH - tabulka výsledků měření, říjen 2013
Příloha 4.3:	Kozinec - tabulka výsledků měření, září 2013
Příloha 4.4:	Kozinec - tabulka výsledků měření, březen 2014
Příloha 5:	Fotodokumentace

## 16. Seznam obrázků a tabulek v textu

Obrázek 1: schéma nakládání s důlními vodami v OKR .....	3
Obrázek.2: lokalizace Heřmanického rybníka na mapě ostrav. části OKR z r.1865 ...	5
Obrázek 3: vrt KO-3 – změna hloubky hladiny p. terénem během poklesu terénu ...	11
Obrázek.4: letecké snímky oblasti Doubrava – Kozinec .....	12
Obrázek 5: kvalita vody ve Stružce ve vybraných ukazatelích.....	24
Obrázek 6: párová závislost chloridů a vodivosti pro Odru dle Povodí Odry, 2008 .	33
Obrázek 7: párová závislost chloridů a vodivosti dle analýz důlních vod .....	33
Obrázek 8: spolehlivost vzorců pro přepočítání konduktivity na chloridy .....	48
Obrázek 9: DNH - hloubka vody .....	51
Obrázek 10: DNH 2011 – koncentrace chloridů na hladině .....	52
Obrázek 11: DNH 2013 – koncentrace chloridů na hladině .....	54
Obrázek 12: Kozinec - hloubka vody.....	56
Obrázek 13: Kozinec2013 – chloridy na hladině, ze všech měřených bodů.....	58
Obrázek 14: Kozinec 2014 – chloridy na hladině, ze všech měřených bodů.....	59
Obrázek 15: Kozinec2013 – chloridy na hladině, z reduk. počtu měřených bodů....	63

Obrázek 16: Kozinec – hloubková stratifikace konc. chloridů a teploty vody .....	65
Obrázek 17: Kozinec – hloubková stratifikace konc. chloridů, pohled od SSZ .....	68
Tabulka 1: mapové listy .....	4
Tabulka 2: dlouhod. prům. průtok a vybrané M-denní a N-leté průtoky .....	20
Tabulka 3: vypouštění důlních vod do Stružky – současnost (2013).....	23
Tabulka 4: chemismus vody Vrbické stružky (data Green Gas DPB, a.s.).....	23
Tabulka 5: vypouštění důlních vod do Karvinského potoka – současnost (2013).....	25
Tabulka 6: chemismus vody Karvinského potoka (data Green Gas DPB, a.s.) .....	26
Tabulka 7: NEK pro vybrané ukazatele .....	29
Tabulka 8: parametry použitého konduktometru .....	34
Tabulka 9: měsíční srážkové úhrny (srážky v mm; stanice Havířov Bludovice).....	38
Tabulka 10: Kozinec 2013 - odběr zonálních vzorků .....	42
Tabulka 11: Kozinec 2014 - odběr zonálních vzorků .....	44
Tabulka 12: výsledky kontr. stanovení konduktivity a chloridů na Kozinci 9/2013 .	47
Tabulka 13: srovnání výsledků měření ve společných bodech .....	50
Tabulka 14: srovnání výsledků měření chloridů na DNH.....	55
Tabulka 15: srovnání výsledků měření chloridů a teploty vody na Kozinci.....	61